

SÉRIE A, N° 1333

N° D'ORDRE :

2202

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Charles COMBALUZIER

Collaborateur auxiliaire du Service de la Carte géologique de la France

1^{re} THÈSE. — LE MIOCÈNE DE LA BASSE-PROVENCE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 8 juin 1932 devant la Commission d'examen.

MM. JACOB.....	Président.
PRENANT.....	} Examinateurs
COMBES.....	

PARIS ET LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 1, QUAI DE LA GRANDE-BRETAGNE, 1

1932



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552606_0064

SÉRIE A, N° 1333

N° D'ORDRE :

2202

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Charles COMBALUZIER

Collaborateur auxiliaire du Service de la Carte géologique de la France

1^{re} THÈSE. — LE MIOCÈNE DE LA BASSE-PROVENCE.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le juin 1932 devant la Commission d'examen.

MM. JACOB.....	<i>Président.</i>
PRENANT.....	} <i>Examineurs</i>
COMBES.....	

PARIS ET LIÈGE

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER

PARIS, 15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

LIÈGE, 1, QUAI DE LA GRANDE-BRETAGNE, 1

1932

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen..... C. MAURAIN, *Professeur*, Physique du globe.

Doyen honoraire.... M. MOLLIARD.

Profess. honoraires.. { H. LE CHATELIER. E. HEROUARD.
H. LEBESGUE. EMILE PICARD.
A. FERNBACH. RÉMY PERRIER.
A. LEDUC.

E. GOURSAT.....	Analyse supérieure et algèbre supér.
G. JULIA	Calcul différentiel et calcul intégral.
N.	Mécanique physique et expérimentale.
P. JANET.....	Electrotechnique générale.
F. WALLERANT...	Minéralogie.
P. PAINLEVÉ.....	Mécanique anal. et mécanique céleste.
M. CAULLERY.....	Zoologie (Evolution des êtres organisés)
EMILE BOREL.....	Calcul des probabilités et phys. mathém.
H. ABRAHAM.....	Physique.
M. MOLLIARD.....	Physiologie végétale.
E. CARTAN.....	Géométrie supérieure.
GABRIEL BERTRAND	Chimie biologique.
JEAN PERRIN.....	Chimie physique.
L. LAPICQUE.....	Physiologie générale.
M ^{me} P. CURIE.....	Physique générale et radioactivité.
G. URBAIN.....	Chimie générale.
L. MARCHIS.....	Aviation.
E. VESSIOT.....	Théorie des fonctions et théorie des transformations.
A. COTTON.....	Physique générale.
J. DRACH	Application de l'analyse à la géométrie.
CHARLES FABRY....	Physique.
R. LESPIEAU	Théories chimiques.
P. PORTIER.....	Physiologie comparée.
CHARLES PEREZ....	Zoologie.
E. BLAISE.....	Chimie organique.
P.-A. DANGEARD..	Botanique.
LÉON BERTRAND...	Géolog. structurale et géolog. appliquée.
E. RABAUD.....	Biologie expérimentale.
PAUL MONTEL.....	Mécanique rationnelle.
V. AUGER.....	Chimie appliquée.
P. WINTREBERT..	Anatomie et histologie comparées.
O. DUBOSQ.....	Biologie maritime.
EUGÈNE BLOCH....	Physique théorique et phys. céleste.
A. MAILHE.....	Etude des combustibles.
L. LUTAUD.....	Géogr. physique et géol. dynamique.
HENRI VILLAT....	Mécanique des fluides et applications.
CH. JACOB.....	Géologie.
P. PASCAL.....	Chimie minérale.
LÉON BRILLOUIN..	Théories physiques.
E. ESCLANGON....	Astronomie.
H. BENARD.....	Mécanique expérimentale des fluides.
C. MAUGUIN.....	Minéralogie.
L. BLARINGHEM..	Botanique.
A. GUILLIERMOND.	Botanique (P. C. N.).
A. DENJOY.....	Mathématiques générales.
A. DUFOUR.....	Physique (P. C. N.).

E. PÉCHARD..... Chimie (Ens. P.C.N.)
A. GUILLET..... Physique.
M. GUICHARD.... Chimie minérale.
A. MICHEL-LEVY.. Pétrographie.
A. DEREIMS..... Géologie.
H. MOUTON..... Chimie physique.
L. DUNOYER..... Optique appliquée.
M. JAVILLIER.... Chimie biologique.
ROBERT-LEVY... Zoologie.
A. DEBIERNE... Radioactivité.
E. DARMOIS.... Physique.
G. BRUHAT..... Physique.
F. PICARD..... Zool. (Év. êtres org.)
L. JOLEAUD..... Paléontologie.
M. FRECHET.... Calcul des probabilités et phys. math.

M^{me} RAMART-LUCAS Chimie organique.
BEGHIN..... Méc. théor. des fluides.
FOCH..... Méc. expér. des fluides.
PAUTHENIER.... Physique (P. C. N.).
VILLEY..... Méc. phys. et expér.
De BROGLIE..... Théories physiques.
LABROUSTE..... Physique du Globe.
FREUNDLER.... Chimie (P. C. N.).
PRENANT..... Zoologie.
P. JOB..... Chimie générale.
CHRETIEN..... Optique appliquée.
G. BOHN..... Zoologie (P. C. N.).
BOURGUEL..... Chimie (P. C. N.).
R. COMBES..... Sc. Natur. (P. C. N.).
GARNIER..... Mécanique Rationnelle.

Secrétaire..... A. PACAUD



A MES PARENTS

A MON MAITRE

MONSIEUR LE PROFESSEUR REPELIN

LE MIOCÈNE

DE LA

BASSE-PROVENCE

PAR

L'ABBÉ CH. COMBALUZIER

Collaborateur auxiliaire du Service
de la Carte Géologique de la France.

AVANT-PROPOS

A l'époque miocène, la mer s'étendit en Europe sur de vastes espaces, maintenant éloignés de tout rivage, et même surélevés en hautes montagnes. Dans le Sud-Est de la France, s'ouvrait alors le chenal rhodanien, qui faisait communiquer le Bassin Pannonique avec la Méditerranée. Compris entre le Massif Central et les Alpes, il s'évasait vers le Sud en un double golfe ennoyant d'une part le Languedoc, d'autre part, la Basse-Provence.

C'est cette dernière région qui fit l'objet de notre étude.

Alors que du côté occidental, la mer miocène s'étalait largement dans les plaines de l'Hérault, du côté oriental, ses progrès étaient enrayés par la saillie des plis élevés de la Provence Calcaire, l'Étoile, Sainte-Victoire, Lingouste. Au Nord de ces massifs, la transgression vers l'Est, plus accentuée, formait le golfe de la Durance et s'avancait jusque dans la région de Digne.

Nos recherches ont été limitées : à l'Ouest par le cours du Rhône ; au Sud-Est par les rivages mêmes de la mer miocène ; à l'Est par la Durance, de Mirabeau aux Mées ; au Nord par les Monts de Vaucluse. Topographiquement, la région ainsi comprise est en somme la Basse-Provence avec quelques avancées vers l'Est : vallées de la Touloubre, de la Durance et du Coulon.

Géologiquement, nous nous sommes proposé d'étudier les dépôts miocènes compris dans la zone des plis provençaux. Ils furent affectés par des mouvements post-miocènes d'une amplitude notable, que signalent, au

premier coup d'œil sur une carte, les différences d'altitude des principaux affleurements. Depuis très longtemps, en effet, sont connus les gites fossilifères de Sausset, d'Istres ou de Cabrières d'Aigues, depuis les temps les plus reculés sont exploitées en carrières les mollasses miocènes de la Couronne, du Tholonet ou des Baux. Or Sausset, La Couronne, Istres, sont au niveau de la mer, les carrières des Baux s'élèvent à plus de 220 mètres, celles du Tholonet à 340 mètres, Cabrières d'Aigues est à 300 mètres. Déterminer l'âge précis, la nature, l'intensité de ces mouvements après avoir établi une stratigraphie aussi rigoureuse que possible des formations miocènes qu'ils ont intéressées : tel est le sujet de notre Thèse.

*
* *

Ce sujet nous fut conseillé par M. J. Repelin, Professeur de Géologie à la Faculté des Sciences de Marseille, à qui nous faisons hommage de notre travail. C'est pour nous un agréable devoir de lui exprimer ici notre reconnaissance. Il a guidé nos premiers pas dans l'étude de la Géologie et pendant des années nous prodigua ses conseils avisés. Après qu'il nous eût ouvert les portes de son laboratoire en nous engageant à faire revivre un des âges passés de cette Provence qui nous est si chère, M. Repelin ne cessa de nous encourager, de nous diriger dans notre tâche. Qu'il trouve dans ces lignes l'expression de notre attachement fidèle et respectueux.

M. le Doyen Rivals nous honora toujours de sa haute protection ; nous lui sommes en grande partie redevable des subventions de recherches qui nous permirent de mener à bien notre travail. Qu'il veuille croire à nos sentiments de profonde gratitude.

M. Ch. Jacob, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne, a bien voulu se charger de juger notre Thèse ; nous lui en exprimons ici notre sincère reconnaissance.

M. de Launay, Membre de l'Institut, Directeur du Service de la Carte Géologique de la France, nous a accordé l'hospitalité du *Bulletin* de son service et cet honneur ne sera pas oublié. Les remerciements que nous lui adressons vont aussi à son collaborateur M. Merle ; nous nous souviendrons toujours de l'accueil cordial et bienveillant qu'il nous a réservé dans notre première entrevue, à proximité même de notre terrain, alors que s'achevait ce travail.

Nous devons une mention toute spéciale de gratitude à M. Denizot, Assistant de Géologie à la Faculté des Sciences de Marseille. Sa documentation inépuisable, jointe à une serviabilité jamais en défaut, nous furent d'un précieux secours. Nous lui devons aussi des conseils amicaux dont nous avons toujours reconnu l'opportunité ; qu'il reçoive ici l'assurance de notre affectueux dévouement.

M. Laurent, Chargé de Cours à la Faculté des Sciences, Directeur du Muséum de Marseille, a bien voulu nous y accueillir avec son amabilité coutumière.

M. le Dr Timon-David, Assistant de Zoologie à la Faculté des Sciences de Marseille, ne fut pas seulement pour nous, dès la première heure, un fidèle camarade. Sous sa direction, débuta notre collection paléontologique, et c'est en grande partie son influence qui nous orienta vers les Sciences Naturelles.*

Remercions enfin, les collaborateurs occasionnels, jeunes étudiants qui furent les compagnons bénévoles de courses parfois longues et pénibles, ou qui nous aidèrent dans la partie matérielle de notre rédaction.

BIBLIOGRAPHIE

1. AGASSIZ (1838). — Monographies d'Echinodermes.
2. BARREL (1920). — The Piedmont terraces of the Northern Appalachians. *J. of Sc.*, t. XLIX, 1920, p. 229-327-407.
3. BERTOLOGY (1894). — Rippelmarken. *Inaugural Dissertation. Frankenthal.*
4. BERTRAND (M.) (1891). — Comptes rendus d'excursions à la Ciotat, Bandol, au Canadau, au vieux Beausset, à la Cadière et Fontanieu. *B. S. G. F.*, 3, t. XX, p. 1051.
5. — (1893). — Sur le raccordement des bassins houillers du Nord de la France et du Sud de l'Angleterre. *Ann. des Min.*, janv. 1893.
6. — (1897-98). — La Basse-Provence; relief et lignes directrices. Extrait des *Ann. de Géogr.*, n° 27 du 13 mai 1897 et 31 du 13 janv. 1898.
7. — (1898-99). — La grande nappe de recouvrement de la Basse-Provence. *B. S. G. F.*, n° 68, t. X.
8. — (1908). — Mémoire sur les refoulements qui ont plissé l'écorce terrestre et sur le rôle des déplacements horizontaux.
9. BLANC (1877). — Carte géologique des environs de Vence. *B. S. G. F.*, 3, t. V, planche XVI.
10. BRIVES (1897). — Les terrains tertiaires du Bassin du Chélif et du Sahara. *Thèse Lyon.*
11. — (1897). — Matériaux pour la carte géologique de l'Algérie. 1^{re} s. Paléontologie, Monographie, n° 3. Fossiles Miocènes, 1^{re} partie.
12. BRONGNIART (1829). — Tableau des terrains qui composent l'écorce du globe.
13. BRUN (de) et CHATELET (1924). — Observations sur la vallée des Baux. *C. R. S. G. F.*, p. 41, 1924.
BRUN (de) (1921). — Cf. Roman et De Brun, n° 184.
14. CAREZ (1889). — Notes sur le Crétacé inférieur des environs de Mouriès, *B. S. G. F.*, 3, t. XVII, p. 466.
15. CHALLENGER (1873-76). — Reports on the scientific results of exploring voyage of H. M. S., Challenger.
16. CHAMBRUN (de) DE ROSEMONT (1873). — Etudes géologiques sur le Var et le Rhône.
17. CHATELET (1910). — Notes sur la présence du *Pecten Ziziniæ* Blanck, dans le Miocène de Provence. *Bull. Soc. Linn. de Prov.*, t. I, 1909-12, p. 74.
18. CLERC (1901). — Le Bassin de Marseille, géographie et géologie. *Bull. Soc. Géogr. Marseille.*
19. COLLOT (1877). — Sur une carte géologique des environs d'Aix-en-Provence. *B. S. G. F.*, 3, t. V, p. 448 et *Rev. Soc. Sav.*, 6, t. V, p. 37.

20. — (1878). — Description des terrains miocènes marin et lacustre supérieur des environs d'Aix. *Rev. des Sc. Nat. de Montpellier*, déc. 1878, t. VII.
21. — (1879). — La Crau, *A. F. A. S.*, S. 8, Montpellier, p. 660.
22. — (1880). — Description géologique des environs d'Aix-en-Provence. *Thèse Montpellier*, 1880.
23. — (1882). — Histoire quaternaire et moderne de l'étang de Berre. *B. S. G. F.*, 3, t. X, p. 333.
24. — (1885). — Diversité corrélatrice des sédiments et des faunes du Miocène marin des B.-du-Rh. *A. F. A. S.*, S. 14, Grenoble, p. 339.
25. — (1885). — Terrain jurassique des montagnes qui séparent la vallée du Lar et celle de l'Huveaune. Montpellier.
26. — (1890). — Sur les tufs volcaniques de Beaulieu (B.-du-Rh.). *B. S. G. F.*, 3, t. XVIII, p. 905.
27. — (1891). — Plis couchés de la feuille d'Aix. *B. S. G. F.*, 3, t. XIX, p. 1134.
28. — (1891). — Observation sur l'âge des plis de la Provence. *B. S. G. F.*, 3, t. XIX, p. 1160.
29. — (1891). — Sur la constitution de la série d'eau douce d'Orgon. *B. S. G. F.*, 3, t. XIX, p. 756.
30. — (1904). — Pliocène et Quaternaire de la région du Bas-Rhône. *B. S. G. F.*, 4, t. IV, p. 401.
31. — (1912). — Le Miocène des B.-du-Rh. *B. S. G. F.*, 4, t. XII, p. 48.
32. COMBALUZIER (1930). — Limite des dépôts burdigaliens de la Basse-Provence. *C. R. A. S.*, t. CXC, p. 1432.
33. COQUAND (1839). — Cours de géologie professé au Museum d'Histoire Naturelle. Aix, 1839.
34. — (1869). — La Crau, sa composition géologique et son origine. *B. S. G. F.*, 2, t. XXVI, p. 541.
35. COSSMANN et PEYROT (1909-12). — Conchologie néogénique de l'Aquitaine.
36. COTTEAU (1863). — Echinides fossiles des Pyrénées.
37. COTTEAU, PÉRON et GAUTHIER (1891). — Echinides fossiles de l'Algérie. Fasc. X. COTTEAU (1877). — Cf. Locard, n° 134.
38. COTTREAU (1910). — Les argiles de Baden (Autriche) et les Marnes de Cabrières d'Aigues (Vaucluse). *B. S. G. F.*, 4, t. X, p. 541.
39. — (1912). — Observations sur les terrains tertiaires de la côte entre Sausset et l'Anse du Grand-Vallat. *B. S. G. F.*, 4, t. XII, p. 331.
40. — (1913). — Les Echinides néogènes du Bassin méditerranéen. *Ann. Inst. Océan. Monaco*, t. VI, fasc. 3. DAUTZENBERG (1902). — Cf. Dollfus et Dautzenberg, n° 65.
41. DARLUC (1782). — Histoire naturelle de la Provence. Avignon.
42. DENIZOT (1923). — Contribution à l'étude du Quaternaire de France. *B. S. G. F.*, 4, t. XXIII, p. 384.
43. DEFÉRET (1887). — Recherches sur la succession des faunes de vertébrés miocènes de la vallée du Rhône. *Arch. Mus. Hist. Nat. de Lyon*, t. V.
44. — (1887). — Sur la faune des vertébrés miocènes de la Grive St. Alban (Isère). Paris, *C. R. A. S.*, t. CIV, p. 379-381.
45. — (1889). — Sur l'importance de l'étude des facies en géologie. *Ann. Soc. Linn. Lyon*, 35, p. 93.

46. — (1889). — Notes stratigraphiques sur le Bassin tertiaire de Marseille. *B. S. C. G. F.*, n° 5, sept. 1889.
- (1889). — Cf. Fontannes et Depéret, n° 78.
47. — (1890). — Note sur l'âge miocène supérieur des limons à Hipparion du Mont Luberon. *B. S. G. F.*, 3, t. XVIII, p. 103.
48. — (1890). — Sur la découverte d'une tortue de terre géante du Mont Luberon. *C. R. A. S.*, t. CX, p. 9-15.
49. — (1890). — Note sur l'âge du Basalte de Beaulieu. *B. S. G. F.*, 3, t. XVIII, p. 911.
50. — (1891). — Sur l'existence d'une petite faune de vertébrés miocènes dans les fentes des rochers de la vallée de la Saône à Gray et du Mont d'Or lyonnais. *C. R. A. S.*, t. CXII, p. 1384.
51. — (1891). — Compte rendu de la course de Cucuron. *B. S. G. F.*, t. XIX, 1891, p. 1201.
52. — (1892). — Sur les formations néogènes de l'Algérie et du Sud-Est de la France. *B. S. G. F.*, 3, t. XX, p. 12.
53. — (1892). — La faune des mammifères miocènes de la Grive-St-Alban et de quelques autres localités du Bassin du Rhône. *Arch. Mus. Hist. Nat. Lyon*, t. V.
- (1892). — Cf. Fontannes et Depéret, n° 79.
54. — (1893). — Sur le Miocène de l'Italie du Nord. *B. S. G. F.*, 3, t. XXI, p. LXII.
55. — (1893). — Sur la classification et le parallélisme du système miocène. *B. S. G. F.*, 3, t. XXI, p. 170.
56. — (1895). — Sur le rôle de la vallée de la Durance dans la région de Digne-Sisteron comme bassin d'affaissement aux diverses époques du tertiaire. *B. S. G. F.*, 3, t. XXIII, p. 855.
57. — (1895). — Aperçu sur la structure générale et l'histoire de la formation de la vallée du Rhône. *Ann. de Géogr.*, t. IV, p. 432.
58. — (1896). — Note sur les fossiles miocènes du conglomérat de Pierre-Longue près Avignon. *B. S. G. F.*, 3, t. XXIV, p. 516.
59. — (1900). — *Livret-guide du VIII^e congrès géologique international*, fasc. III, Les Bassins tertiaires du Rhône.
60. DEPÉRET et MAYET (1923). — Les éléphants pliocènes. 2^e partie. Monographie des éléphants pliocènes d'Europe et de l'Afrique du Nord. *Ann. Univ.*, Lyon, 4, 42.
61. DEPÉRET et ROMAN (1902). — Monographie des Pectinidés néogènes de l'Europe et des régions voisines. *M. Pal. S. G. F.*, n° 26.
62. DEPÉRET et SAYN (1900). — Monographie de la faune fluvioterrestre du Miocène supérieur de Cucuron (Vaucluse). *Arch. Soc. Linn. Lyon*, t. XLVII, p. 105.
63. DESOR (1858). — Synopsis des Echinides fossiles.
64. DRYDIER (1902). — Notice géologique et agronomique de la région de Cucuron. *Mém. de l'Ac. de Vaucluse*, 2, t. II, p. 297.
65. DOLLFUS et DAUTZENBERG (1902-1920). — Conchyologie du Miocène moyen du Bassin de la Loire. *M. Pal. S. G. F.*, n° 27.
66. EICHWALD (1859). — *Lethaea Rossica*, vol. III.
67. FALLOT (Em.) (1889). — Limite entre l'Oligocène et le Miocène dans la Gironde. *B. S. G. F.*, 3, t. XVII, p. 53.
68. FISCHER (P.) (1879). — Note paléontologique sur la mollasse de Cucuron (Vaucl.). *B. S. G. F.*, 3, t. VII, p. 218.

69. — (1887). — Manuel de conchyologie et de paléontologie conchyologique ou Histoire naturelle des mollusques vivants et fossiles.
— (1873). — Cf. Gaudry, Fischer et Tournouer, n° 93.
FONTANNES. — Etudes stratigraphiques et paléontologiques pour servir à l'histoire de la période tertiaire dans le Bassin du Rhône.
70. — (1875). — I. — Le vallon de la Fuly et les sables à buccins des environs d'Heyrieu.
71. — (1876). — II. — Les terrains tertiaires supérieurs du Haut-Comtat-Venaissin.
72. — (1878). — III. — Le Bassin de Visan.
73. — (1878). — IV. — Les terrains néogènes du plateau de Cucuron, Cabrières, La Tour d'Aigues.
74. — (1879). — V. — Description de quelques espèces nouvelles ou peu connues.
75. — (1880). — VI. — Le Bassin de Crest.
76. — (1881). — VII. — La série tertiaire de la région Delphino-Provençale.
77. — (1885). — VIII. — Le groupe d'Aix dans le Dauphiné, la Provence et le Bas-Languedoc.
78. FONTANNES et DEPERET (1889). — IX. — Les terrains tertiaires marins de la côte de Provence. 1^{re} partie : Aquitaniens et Langhien.
79. — (1892). — X. — Les terrains tertiaires marins de la côte de Provence. 2^e partie : Helvétien.
80. FONTANNES (1879-1882). — Les mollusques pliocènes de la vallée du Rhône et du Roussillon. 2 vol. in-4°.
81. — (1882). — Extension et faune de la mer pliocène. *B. S. G. F.*, 3, t. XI, p. 139.
82. — (1884). — Note sur la constitution du sous-sol de la Crau. *B. S. G. F.*, 3, t. XII, p. 463.
83. — (1884). — Sur une des causes de la variation dans le temps des faunes malacologiques, à propos de la filiation des *Pecten Restitutensis* et *latissimus*. *B. S. G. F.*, 3, t. XII, p. 357.
84. FORBES (1852). — Monograph of the Echinodermata of the British tertiaries. Ed. Forbes.
85. FOURNIER (1890). — Esquisse géologique des environs de Marseille accompagnée de 21 planches de coupes classées par massifs (Marseille, 1890).
86. — (1894). — Sur l'existence d'un lambeau Helvétien dans la partie centrale de la chaîne de la Nerthe, près Marseille. *Feuille des jeunes naturalistes*, t. III, 24^e année, n° 279, 7 janvier 1894.
87. — (1895). — Etudes stratigraphiques sur la chaîne de la Nerthe, près Marseille. *Feuille des jeunes naturalistes*, t. III, 25^e année, n° 294, avril 1895.
88. — (1895). — Compte rendu des excursions géologiques faites en Provence par les élèves des Facultés de Province sous la direction de M. Vasseur, Professeur à la Faculté de Marseille, en octobre 1894.
89. — (1895-97). — La tectonique de la Basse-Provence. *Feuille des jeunes naturalistes*, 26, 1895-96, p. 228, 229; 27, 1896-97, p. 9-14, 47-51, 75-77.
90. — (1897). — Nouvelles observations sur la tectonique de la Basse-Provence. *B. S. G. F.*, 3, t. XXV, p. 35-38.
91. — (1900). — Etude synthétique sur les zones plissées de la Basse-Provence. *B. S. G. F.*, 3, t. XXVIII, p. 938.
92. — (1900). — Observations sur la nature des mouvements orogéniques. *B. S. G. F.*, 3, t. XXVIII, p. 794.

- (1896). — Cf. Vasseur et Fournier, n° 205.
93. GAUDRY (1873). — Animaux fossiles du Mont Luberon (Vaucluse).
FISCHER (P.) et TOURNOUER. — Etudes sur les Invertébrés, 1 vol. in-4°, 180 p., 21 pl.
Paris, 1873.
94. GAUTHIER (1880). — Sur les échinides du Département des Bouches-du-Rhône.
A. F. A. S., S. 9, Reims, p. 526.
— (1891). — Cf. Cotteau, Péron et Gauthier, n° 37.
95. GERVAIS (1859). — Zoologie et Paléontologie française, 2^e édit.
96. GUÉBHARD (1901). — Facies inférieur de la molasse de Vence. *B. S. G. F.*, 4, t. I,
p. 540.
97. — (1915). — Découverte de deux lambeaux de miocène lacustre sur la commune
de Seillans (Var). *B. S. G. F.*, 4, t. XV, p. 95.
98. GIGNOUX (1913). — Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie
du Sud et de la Sicile. *Thèse Lyon*.
99. — (1926). — Géologie stratigraphique.
100. GLANGEAUD (Ph.) (1908). — Sur la continuité des phénomènes orogéniques
dans une partie du Massif Central aux époques Oligocène et Miocène et leurs
relations avec les phénomènes volcaniques et hydrologiques. *B. S. G. F.*, 4,
t. VIII, p. 272.
101. GOLDFUSS (1862). — *Petrefacta Germaniæ*, 2^e édition.
102. GOLPIER (1897). — Essai d'explication de la tectonique du Massif d'Allauch, du
bassin d'Aix et des chaînes qui l'entourent. *B. S. G. F.*, 3, t. XXV, p. 171.
103. GOURRET (1889). — Etude géologique du tertiaire marin de Carry et de Sausset.
B. S. G. F., 3, t. XVIII, p. 68.
104. — (1890). — La faune tertiaire de Carry, Sausset et de la Couronne (près Mar-
seille). *Bull. Soc. Belge de Géol. Paléont. Hydrol.*, t. IV, p. 73.
105. GRAS (Sc.) (1862). — Description géologique du département de Vaucluse. Paris-
Avignon, 1862.
106. HAUG (1891). — Les chaînes subalpines entre Gap et Digne, contribution à l'his-
toire géologique des Alpes françaises. Paris.
107. — (1900). — Les géosynclinaux et les aires continentales. *B. S. G. F.*, 3,
t. XXVIII, p. 617.
108. — (1920). — Traité de géologie.
109. HEER (1861). — Recherches sur le climat et la végétation des pays tertiaires.
110. HOERNES (1856-1870). — Die fossilen mollusken der tertiär Beckens von Wien.
111. HOLLANDE (1878). — Géologie de la Corse. Paris.
112. JACQUEMET (1907). — Le vallon de Sioubanc, près le Rôve (B.-du-Rh.). *Excursions géologiques en Provence*, t. I.
113. JOHNSON (1919). — Shore process and shoreline development. New-York, in-8°,
584 p.
114. JOLEAUD (L.) (1907). — Découverte de l'Aquitanién marin dans la partie moyenne
de la vallée du Rhône. *C. R. A. S.*, t. CXLIV, p. 345.
115. — (1907). — Géologie et Paléontologie de la plaine du Comtat et ses abords.
Avignon, 1907.
116. — (1908). — Esquisse comparative des séries miocènes de l'Algérie et du Sud-Est
de la France. *B. S. G. F.*, 4, t. VIII, p. 284.
117. — (1908). — L'Aquitanién dans le Vaucluse, le Gard et les Bouches-du-Rhône.
B. S. G. F., 4, t. VIII, p. 41.

118. — (1909). — Vue générale de la stratigraphie des terrains néogènes de la plaine du Comtat et ses abords. *A. F. A. S.*, S. 38, Lille, p. 463.
— (1917). — Cf. Repelin et Joleaud, n° 173.
119. JULLIEN (1908). — Esquisse de la tectonique du pays d'Aix-en-Provence.
120. — (1909). — Note sur l'emplacement des localités qui semblent avoir été le plus souvent éprouvées dans le tremblement de terre du 11 juin 1909. *C. R. A. S.*, t. CXLVIII, 1909, p. 1703.
121. KILIAN (W.) (1888). — Description géologique de la montagne de Lure (Basses-Alpes). *Thèse Paris*.
122. LAMARCK (1840). — Histoire naturelle des animaux sans vertèbres, 2^e édition par Deshayes et Milne-Edward.
123. LAMBERT (1906). — Etude sur les Echinides de la mollasse de Vence. *Ann. de la Soc. des Let., Sc. et Arts des Alpes-Maritimes*, t. XX.
124. LAMBERT et SAVIN (1902). — Note sur deux échinides nouveaux de la mollasse burdigalienne dite de Vence (A.-M.). *B. S. G. F.*, 4, t. II, p. 881.
125. LAPPARENT (A. de) (1898). — Leçons de géographie physique, 2^e éd.
126. — (1905). — Traité de Géologie, 19^e éd.
LAPPARENT (A. de) (1894). — Cf. Munier-Chalmas et de Lapparent, n° 153.
127. LAPPARENT (J. de) (1923). — Leçons de Pétrographie.
128. LEENHARDT (1882). — Etude géologique du Mont Ventoux. *Thèse, Montpellier*.
129. LEMOINE (P.) (1909). — Observation faite sur le tremblement de terre de Provence. *Bull. Soc. Philomatique de Paris*, 10, 1, p. 112.
130. — (1909). — Sur les relations tectoniques du tremblement de terre de Provence. *C. R. A. S.*, 21 juin 1909, p. 1696.
131. — (1916). — La géologie souterraine du Sud de l'Angleterre. *Bull. Soc. Philomat.*, p. 25.
132. LEVERRIER (U.) (s. l. n. d.). — Notes sur les plissements du sol de Provence.
133. LINNÉ (1772). — *Systema Naturæ*, 12^e éd.
134. LOCARD (A.) (1877). — Description de la faune des terrains tertiaires moyens de la Corse.
COTTEAU (G.). — Description des Echinides.
135. LORIOU (De) (1902). — Note pour servir à l'étude des échinodermes. Bâle et Genève, 1902.
136. LUTAUD (Léon) (1924). — Etude tectonique et morphologique de la Provence cristalline. *Thèse Paris*.
137. LYELL (1856). — « Elements of Geology » traduit de l'anglais sur la 5^e éd., par Hugard. Paris.
138. MARION (1872). — Géologie et paléontologie de la Provence. *Rev. scient.*, 2^e s., 2^e ann., p. 584.
139. MARTIN (David) (1895). — Aperçu sur la structure générale et l'histoire de la formation de la vallée du Rhône. *Ann. de Géogr.*, t. IV, p. 432.
140. — (1900). — Le canon du Régalon (Vaucluse) et ses lambeaux de Mollasse marine pliocène. Extrait du *Bull. Soc. d'Etudes*, n° 35.
141. — (1905). — Notes sur les dépôts pléistocènes du Bassin de la Durance. *B. S. C. G. F.*, n° 103, t. XVI.
142. — (1906). — Dérivations préglaciaires de la Durance. *B. S. C. G. F.*, n° 109, t. XVI.
143. — (1907). — La Crau et la Durance. *B. S. C. G. F.*, n° 115, t. XVII, p. 45.

144. MARTONNE (De) (1906). — La pénéplaine et les côtes bretonnes. *Ann. de Géog.*, 1906, p. 213 et 299.
145. — (1929). — Traité de géographie physique, 4^e éd.
146. MAYER (1864). — Die terziärfauna der Azoren und Madeiren.
147. MATHERON (1839). — Essai sur la constitution géognostique des Bouches-du-Rhône. *Répert. des trav. de la Soc. de Statistique de Marseille*, t. III.
148. — (1842). — Catalogue méthodique et descriptif des corps organisés fossiles du département des Bouches-du-Rhône et les lieux circonvoisins. Extrait du *Répert. des Trav. de la Soc. de Statistique de Marseille*, t. VI.
149. — (1862). — Recherches comparatives sur les dépôts fluvio-lacustres tertiaires des environs de Montpellier, de l'Aude et de la Provence. *Soc. d'Emulation de Prov.*, t. 1, et *B. S. G. F.*, 2, t. XX, p. 15.
150. — (1864). — Conclusion du compte rendu de l'excursion : Bassin de Fuveau et environs d'Aix. Réunion extraordinaire à Marseille. *B. S. G. F.*, 2, t. XXI, p. 549.
- MAYET (1923). — Cf. Depéret et Mayet, n° 60.
151. MICHELIN (1847). — Monographie des Clypeastres fossiles. *M. S. G. F.*, 2, t. VII, Mémoire n° 2.
152. MICHELOTTI (Giov.) (1847). — Description des fossiles de l'Italie septentrionale.
153. MUNIER-CHALMAS et DE LAPPARENT (1894) — Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires. *B. S. G. F.*, 3, t. XXI, p. 482.
154. NIEPCE (1875). — Terrains tertiaires du département des Alpes-Maritimes. Nice.
155. ORBIGNY (Alc. d') (1850). — Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle (Vol. 3).
156. PASSERAT (1910). — Extension des faluns de la Basse-Vallée de la Loire. *Ann. de Géogr.*, t. XIX, p. 350.
157. PELLAT (E) (1892). — Compte rendu de l'excursion aux Baux du 19 oct. 1892. *B. S. G. F.*, 3, t. XIX, p. 1208.
158. — (1895). — Notes préliminaires diverses sur la géologie du Bassin du Rhône. *B. S. G. F.*, 3, t. XXIII, p. 426.
159. — (1896). — Etudes stratigraphiques et paléontologiques sur les terrains tertiaires de quelques localités du Vaucluse, du Gard et des Bouches-du-Rhône. *B. S. G. F.*, 3, t. XXIV, p. 501.
160. — (1900). — Excursion à St-Rémy et aux Baux (*Livret-Guide du VIII^e Congrès géologique international*).
- PÉRON (1891). — Cf. Cotteau, Péron et Gauthier, n° 37.
- PEYROT (1909-12). — Cf. Cossmann et Peyrot, n° 35.
161. POMEL (1885). — Paléontologie de l'Algérie. Zoophytes, 2^e fasc. Echinodermes, 1^{re} Livraison.
162. — (1892). — Sur la classification des terrains miocènes de l'Algérie et réponse aux critiques de M. Péron. *B. S. G. F.*, 3, t. XX, p. 466.
163. PRUVOST (1930). — Sédimentation et subsidence. *Livre jubilaire de la S. G. F.*, p. 545
164. RENEVIER (1884). — Les facies géologiques. *Arch. des Sc. Phys. et nat. de Genève*, t. XII.
165. REPELIN (1900). — Nouvelles observations sur la tectonique de la Chaîne de la Nerthe. *B. S. G. F.*, 3, t. XXVIII, p. 247.

166. — 1909. — Rôle des dislocations plus récentes (post-miocènes) lors du séisme du 11 juin 1909. *C. R. A. S.*, t. CXLIX, p. 1023.
167. — (1910). — Rôle des dislocations les plus récentes (post-Tortonien) lors du séisme du 11 juin 1909. *C. R. A. S.*, t. CL, p. 809.
168. — (1911). — Les limites de l'étage Aquitainien. 1. La question du Calcaire blanc de l'Agenais. 2. Les faunes du Calcaire blanc et du calcaire gris. 3. Les faunes de l'Aquitainien marin. *B. S. G. F.*, 4, t. XI, p. 100.
169. — (1914). — Les Bouches-du-Rhône. Encyclopédie du département. *Géographie physique*. Marseille.
170. — (1916). — Sur l'âge des dépôts oligocènes des bassins d'Aix et de Marseille et en particulier des argiles des Milles et des lignites de St.-Zacharie. *C. R. A. S.*, t. CLXIII, p. 100.
171. — (1930). — Etude géologique et hydrologique de la Crau. *Congrès de l'eau en Crau*. Marseille, 1930.
172. — (1931). — Sur la constitution géologique et l'origine de la Crau. *C. R. A. S.*, t. CXCH, p. 236.
173. REPELIN et JOLEAUD (1917). — Limites de l'Aquitainien marin dans la région provençale. *C. R. A. S.*, t. CLXIV, p. 919.
174. REPELIN et LAURENT (1910). — Le tremblement de terre en Provence du 11 juin 1909. *B. S. Géogr. de Marseille*.
175. Réunion S. G. F. (1877). — Réunion extraordinaire de la S. G. F. à Fréjus (Var) et à Nice (A.-M.), 21 au 31 octobre 1877. *B. S. G. F.*, 3, t. V., p. 788.
176. Réunion S. G. F. (1902). — Réunion extraordinaire dans les Alpes-Maritimes. Excursion préliminaire dirigée du 5 au 8 septembre par A. Guébbard. *B. S. G. F.*, 4, t. II, 1902.
177. RINNE (1928). — La science des roches, 3^e éd. (trad. L. Bertrand).
178. ROMAN (1896). — Note sur le miocène du bassin de Sommières (Gard). *B. S. G. F.*, 3, t. XXV, p. 134.
179. — (1897). — Recherches stratigraphiques dans le Bas-Languedoc.
180. — (1905). — Géologie des environs de Nîmes.
181. — (1925). — Nouvelles observations sur les cailloutis fluviaux de très hauts niveaux de la Basse vallée du Rhône et des Cévennes. *Ann. Soc. Linn. Lyon*, t. LXXI, p. 59-66.
182. — (1926). — Géologie lyonnaise.
183. — (1928). — Observation sur la topographie de la rive gauche du Rhône. *Les études Rhodaniennes*. Vol. IV, p. 99, Lyon.
184. ROMAN et DE BRUN (1921). — Sur la structure de la chaîne des Alpes. *C. R. A. S.*, t. CLXXII, p. 1367.
- ROMAN (1902). — Cf. Depéret et Roman, n° 61.
185. ROZET (1829). — Mémoire géognostique sur une partie des environs d'Aix, 1 carte, 9 coupes. *Ann. des Sc. Nat.*, 1, t. XVI, p. 113.
186. SACCO (1897). — Molluschi dei terreni terziarii del Piemonte e delle Liguria.
187. SAVORITA (De) (1866). — Discours de réception à l'Académie d'Aix-en-Provence.
188. — (1879). — Le monde des plantes avant l'apparition de l'homme.
189. — (1882). — A propos de quelques algues fossiles. Paris.
190. — (1886). — Les vicissitudes d'une région française : La Provence primitive. *Revue des Deux-Mondes*, t. LXXIV, p. 789.

191. SAVORNIN (1902). — Sur l'existence d'alluvions torrentielles présentant le phénomène des terrasses dans la région de Cucuron (Vaucluse).
192. — (1903). — Notes stratigraphiques sur Cucuron (Vaucl.). *B. S. G. F.*, 4, t. III, p. 40-54.
- SAYN (1900). — Cf. Depéret et Sayn, n° 62.
193. SERRES (De) (1829). — Géognosie des terrains tertiaires ou tableau des principaux animaux invertébrés des terrains marins tertiaires du Midi de la France.
194. — (1843). — Notes géologiques sur la Provence. *Actes de la Soc. Linn. de Bordeaux*, t. 13.
195. SOWERBY (1884). — *Thesaurus conchyologicus*.
196. — (s. l. n. d.). — The genera of recent and fossil shells.
197. STEFANESCU (1897). — Etudes sur les terrains tertiaires de Roumanie. *Thèse Paris*.
198. THOMAS (1892). — Etage miocène et valeur stratigraphique de l'*O. crassissima* du Sud de l'Algérie et de la Tunisie. *B. S. G. F.*, 3, t. XX, p. 3.
199. TOURNOUER (1879). — Sur la mollasse miocène de Forcalquier (Basses-Alpes). *B. S. G. F.*, 3, t. VII, p. 237.
200. — (1879). — Sur les rapports de la mollasse de Cucuron avec les mollasses de l'Anjou et de l'Armagnac. *B. S. G. F.*, 3, t. VII, p. 229.
201. — (1879). — Notes paléontologiques sur quelques-uns des terrains tertiaires observés dans la réunion extraordinaire de la S. G. à Fréjus et à Nice. *B. S. G. F.*, 3, t. V, p. 844.
202. — (1880). — Sur la synonymie de quelques huitres miocènes. *B. S. G. F.*, 3, t. VIII, p. 294.
- (1873). — Cf. Gaudry, Fischer et Tournouer, n° 93.
203. VASSEUR (1897). — Note préliminaire sur la constitution du Bassin tertiaire d'Aix-en-Provence. *Ann. Fac. des Sc. de Marseille*, t. VIII.
204. — (1900). — Bassin d'Aix et de Fuveau (*Livret-Guide du VIII^e Congrès géologique international*).
205. VASSEUR et FOURNIER (1896). — Preuves de l'extension sous-marine au Sud de Marseille du Massif ancien des Maures et de l'Estérel. *C. R. A. S.*, t. CXXII, p. 209.
206. WELSCH (1895). — Etudes sur les subdivisions du miocène de l'Algérie. *B. S. G. F.*, 3, t. XXIV, p. 271.
207. ZITTEL (1887). — *Traité de Paléontologie*. Traduction française par Barrois, t. I, II.
208. ZURCHER (1899). — Feuille de Nice. *B. S. G. F. Compte rendu des coll. pour la campagne de 1899*.
209. — (1900). — Feuille de Nice. *B. S. G. F. Compte rendu des coll. pour la campagne de 1900*.
-

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS SUR LE MIOCÈNE DE LA BASSE-PROVENCE

CHAPITRE PREMIER

ETAT DE LA QUESTION

APERÇU DES TRAVAUX DE NOS PRÉDÉCESSEURS

On ne saurait tenter la moindre esquisse historique de notre géologie locale, sans que deux noms viennent immédiatement à l'esprit : Coquand et Matheron. Ces deux hommes furent, à proprement parler, les fondateurs de la géologie provençale, au milieu du siècle dernier.

Matheron surtout nous fut utile. Nous avons souvent consulté sa magnifique collection au Musée de Marseille et utilisé son « Catalogue des corps organisés fossiles » [148], qui, après quatre-vingt-dix ans d'existence, garde encore sa valeur.

Au début de cette étude, nous devons nous souvenir de ces précurseurs, tout en rappelant que Collot, au début de l'un de ses ouvrages [20], signale leur différence d'interprétation au sujet du Tertiaire.

Il nous faut parler davantage de trois géologues dont les travaux sur la Provence précédèrent le nôtre : Fontannes, Collot et Depéret. Ces trois savants ont été les guides de nos recherches.

Spécialisée dans l'étude des terrains tertiaires de la vallée du Rhône, l'attention de Fontannes fut attirée par la richesse fossilifère de certains étages miocènes de la Basse-Provence. Aussi, sans faire de travail d'ensemble sur le Système miocène, il se contenta de décrire minutieusement quelques régions typiques : Côte de Provence, Région de l'Étang de Berre, Plateau de Cucuron, etc.... A l'époque où travaillait Fontannes, tout était

à faire ; et, s'il trouva en certains points quelques prédécesseurs comme, par exemple, Sc. Gras, Fischer et Tournouer pour le Luberon, il n'en dut pas moins, pour chacune des régions qu'il étudia, se livrer à l'examen de la stratigraphie et de la paléontologie. Grâce à lui, de nombreuses espèces virent le jour. Nous lui sommes redevable aussi de la Feuille géologique d'Arles pour les terrains tertiaires, et son exactitude dans la description des couches est telle, que rarement nous avons pu le prendre en défaut. C'est sur ces traces que nous avons débuté, attiré comme lui par les larges étendues de Miocène que présente le Sud-Est de la Feuille d'Arles, par la facile succession des couches presque horizontales et par leur richesse en fossiles.

Collot, dont la valeur scientifique n'est pas au-dessous de celle de Fontannes, fut notre initiateur pour la région d'Aix, nous lui en devons la Feuille géologique. Observateur scrupuleux, ce géologue décrit les successions de couches, par bancs de quelques centimètres. Sa thèse sur les environs d'Aix [22] nous fut très utile ; quant à son étude de 1912, sur le « Miocène des Bouches-du-Rhône » [31], elle a été pour nous un indispensable compagnon de recherches et, si nous nous sommes permis de contester parfois ses conclusions, jamais nous ne surprîmes d'erreur appréciable dans ses observations.

Depéret fut le continuateur de Fontannes pour la vallée du Rhône ; il compléta le travail que la mort avait interrompu, revit les manuscrits et, grâce à lui, nous eûmes la suite de cette belle publication commencée en 1875 sur le Tertiaire de la vallée du Rhône : « Les terrains tertiaires marins de la Côte de Provence » [78-79]. Il fit mieux et, sous son nom, parut dans le *Bulletin de la Société géologique de France*, en 1893, une étude « Sur la classification et le parallélisme du système miocène » [55], lumineuse de clarté, qui nous fournit le plan général de notre travail stratigraphique. Dans cette étude, en effet, Depéret faisait concorder, de façon très heureuse, les successions décrites par Fontannes dans la basse vallée du Rhône avec celles étudiées par lui dans l'Ain, le Jura et plusieurs autres régions en Europe.

Enfin, ce géologue eut le mérite de nous donner une meilleure nomenclature des étages, dissociant l'Helvétien de Fontannes, attribuant au Burdigalien les couches à *Scutella paulensis* et à *Pecten præscabriusculus* et rangeant dans le Sarmato-Pontique, les couches mal connues alors, de ce qu'on appelait de façon imprécise : le Miocène d'eau douce.

LACUNES LAISSÉES PAR CES TRAVAUX

Venant après de tels savants et des travaux si remarquables, nous pouvions nous demander s'il restait encore matière à étude sur le Miocène dans la Basse-Provence.

Cependant, l'examen attentif des travaux de nos prédécesseurs ne tarda pas à nous montrer certaines imprécisions dans la répartition des différents étages du Miocène et l'absence à peu près complète d'études tectoniques sur ces formations.

Fontannes, en effet, range dans l'Helvétien ce que nous appelons aujourd'hui Burdigalien, et semble méconnaître l'importance des sables burdigaliens inférieurs de Saint-Mitre et de Rassuen, qu'il appelle « safre » comme les formations sableuses helvétiques. Il nous donne, sur la Feuille géologique d'Arles, un Miocène « monochrome », ce qui est déjà un beau résultat pour l'époque, mais qui demandait à être complété. Observateur rigoureux de certaines successions locales, il ne nous fournit pas, pour la région qui nous occupe, de vues d'ensemble sur l'extension des mers miocènes ; enfin, au Sud de la Durance, Fontannes ne semble guère avoir dépassé le méridien de Salon.

De cette insuffisance stratigraphique devait découler l'absence complète d'observations tectoniques ; Fontannes ne nous a pas même donné, pour la région de l'Étang de Berre, une de ces longues coupes qui illustrent ses études sur la région de Visan ou du Luberon et qui, sans prétendre à une extrême précision, donnent au moins d'intéressantes vues d'ensemble sur les mouvements subis par les couches miocènes.

Collot se cantonna, semble-t-il, dans la région d'Aix-en-Provence. Il en fit le sujet de sa thèse ; et si sa remarquable publication dont nous avons déjà parlé s'intitule : « Le Miocène des Bouches-du-Rhône », elle n'envisage pas les affleurements méridionaux du département qu'avait étudiés Fontannes, mais au sujet desquels il y avait encore bien des précisions à fournir. Il n'a connu que très peu de la région des Alpines, les environs de Lamanon, de Salon et de Vernègues ; il ne parle pas des affleurements de la Crau.

Collot ne nous livre qu'une ébauche de nomenclature des étages miocènes. Les mots « safre », « mollasse », qu'il essaie d'ailleurs de préciser, sont employés par lui pour désigner indifféremment le Burdigalien, l'Helvétien ou le Tortonien. Quelques faunes seulement, qu'il étudia plus spécialement, sont attribuées à l'un ou l'autre de ces étages. Aussi sur sa « Carte des environs d'Aix », qui illustre sa thèse, nous figure-t-il le Miocène teinté en deux couleurs : le gris foncé pour le « Miocène marin » et le gris clair pour le « Miocène d'eau douce ». Quant aux tracés pour la Feuille d'Aix, qui sont entièrement son œuvre, ils apportèrent plus de précision dans les contours, mais sans subdiviser davantage les deux types de sédiments.

Enfin, au point de vue tectonique, Collot ne nous donne pas de vues d'ensemble ; il nous présente des coupes locales, toujours exactes d'ailleurs ; mais, faute de précision sur l'âge respectif des couches miocènes, il ne put dresser de longues coupes qui auraient montré l'allure des mouvements post-miocènes.

Et d'ailleurs, Collot ne croyait pas, ou guère, aux mouvements post-miocènes. Son œuvre géologique régionale semble dominée par cette pensée : les reliefs actuels existaient déjà sous la mer miocène ; si nous voyons maintenant les sédiments à des altitudes variables, c'est qu'ils se sont étagés sur un fond inégal ; si nous les voyons inclinés, c'est qu'ils se sont déposés sur des pentes. Cette théorie, Collot s'efforce de la démontrer, pour la dépression d'Aix, la plaine de Lambesc, de Pelissane et d'Al-leins. Si, par endroits, nous avons reconnu la justesse de cette façon de voir, presque toujours nous avons été obligé de la combattre, ne pouvant expliquer par un relief sous-marin, la différence d'altitude de deux étages, alors que l'étage, topographiquement supérieur, est stratigraphiquement inférieur.

Avec Depéret, un grand pas a été accompli ; et, dans les débuts de notre étude, nous avons fréquemment sous les yeux le « Tableau de la succession des horizons miocènes du bassin du Rhône ». Mais Depéret, au rebours de Fontannes et de Collot, n'a pas été un géologue « local », si l'on peut ainsi parler ; il fut l'homme des synthèses. Aussi son œuvre, qui nous a tant aidé, manque parfois de précisions régionales. C'est pourquoi il nous arrivera parfois de le contredire, pourquoi aussi nous avons déjà critiqué [32] son schéma classique sur l'extension des deux premiers étages méditerranéens.

Enfin, Depéret ne s'est pas occupé de tectonique post-miocène.

CE QU'IL RESTAIT A FAIRE

Nous proposant l'étude des mouvements post-miocènes, il nous fallait, pour y apporter la précision voulue, connaître la répartition des différents étages du Système, afin de ne pas joindre par la pensée ou, ce qui est plus fâcheux, par une ligne pointillée, un lambeau de Burdigalien par exemple, à un lambeau de Tortonien transgressif, alors que ces deux étages furent séparés dans leur dépôt par toute l'épaisseur des couches helvétiques.

C'était tout le Miocène des Feuilles d'Arles et d'Aix à subdiviser. Venu à bout de ce travail, nous pouvons présenter aujourd'hui les deux Feuilles aussi détaillées, au point de vue du Miocène, que les Feuilles limitrophes d'Avignon et de Forcalquier, c'est-à-dire, donner avec des couleurs différentes : le Burdigalien, inférieur et supérieur, l'Helvétien, le Tortonien et le Sarmato-Pontique, ce dernier étage comprenant deux niveaux, ou tout au moins deux faciès : les Calcaires blancs à *Helix Christoli* et les Limons rouges à *Hipparion*. En tout, nous établissons donc six subdivisions. Nos tracés ont été effectués : pour la région de l'Étang de Berre et les environs d'Aix, sur les plans directeurs au 1/10.000° ; pour la Côte de Provence, sur les plans directeurs au 1/20.000° ; pour le reste sur le 1/50.000° en hachures.

Ces explorations nous permirent, d'ailleurs, en maints endroits, de rectifier les contours, et surtout, nous mirent en demeure de donner notre point de vue sur l'âge encore contesté de certaines formations.

Les transgressions des divers étages nous montrèrent ensuite les contours des rivages successifs de la mer miocène.

La nature et l'épaisseur des sédiments nous donnèrent une idée des fonds sous-marins à cette époque.

Enfin, l'altitude et l'inclinaison variées des dépôts successifs nous permirent de nous rendre compte de, ce que furent les mouvements post-miocènes.

Tels sont, dans leur ensemble, les résultats de notre travail.

CHAPITRE II

NOMENCLATURE ET CARACTÉRISTIQUES DES ÉTAGES

Avant d'entamer une étude stratigraphique de quelque étendue, il est nécessaire de définir au préalable les termes que l'on emploiera.

Ce travail s'imposait à nous pour deux raisons. La première, c'est que la nomenclature du Miocène, variant avec les régions considérées, il nous fallait exposer celle qui nous semble le mieux convenir à la Basse-Provence. La seconde, c'est que pour certaines localités, comme par exemple La Couronne ou Saint-Mitre, il régnait dans l'attribution des couches une incertitude, souvent plus nominale que réelle, qui ne s'était pas dissipée complètement depuis les études de Fontannes.

Nous subdiviserons le Système miocène en quatre étages successifs dont une brève description fournira la matière de quatre paragraphes :

Burdigalien.

Helvétien.

Tortonien.

Sarmato-Pontique.

Dans chacun de ces paragraphes, nous nous livrerons à une critique du terme ; nous donnerons ensuite les caractéristiques régionales de la subdivision considérée, quant au faciès et à la faune.

Au point de vue paléontologique, il nous a paru plus rationnel de nous spécialiser, autant que possible, dans l'examen d'une famille, qui par l'abondance de ses représentants, caractérise les étages miocènes et dont les espèces peuvent, dans une certaine mesure, servir de jalons stratigraphiques, ce sera le cas de la famille des Pectinidés.

Dans ce chapitre de généralités, nous donnerons, pour chaque étage, les formes de Pectinidés qui permettent de le déterminer. Nous rappellerons en même temps leur nom le plus connu, celui que leur donnèrent nos prédécesseurs dans l'étude de la région, nous réservant de préciser les modifications qui nous ont paru indispensables et de les justifier dans un Appendice paléontologique que l'on trouvera à la fin de notre étude.

Et déclarons d'abord, avant de passer à l'examen des étages, que dire « Mollasse » pour Miocène, nous paraît tout à fait impropre. Que signifie, en effet, le terme « Mollasse » ?

Brongniart [12, p. 145] définit le Macigno-mollasse : « ...roche qui est composée de sable, de calcaire, d'un peu d'argile et de mica, avec une texture lâche et une consistance presque friable... ». Ce macigno-mollasse comprenait d'après lui : le grès coquillier, la mollasse proprement dite et le calcaire fétide, « ce dernier appartenant au dépôt de lignite palæothérien ». Depuis Brongniart, bien des définitions ont été données du terme « Mollasse » que l'on écrit avec un l ou deux. Pour A. de Lapparent [126, p. 1186], c'est « un grès calcaire ou argileux, facile à travailler ». Pour Haug [108, p. 1603], les mollasses sont des grès assez tendres, souvent glauconieux... ». Nous nous en tiendrons à la définition de Rinne [177, p. 451] : « La mollasse est un grès grossier, blanc, verdâtre (glauconie) ou rouge, généralement assez tendre, dont le ciment calcaire forme jusqu'au tiers de la roche. »

Toutes ces définitions correspondent à un état physico-chimique du sédiment ; « mollasse » est un nom commun, on dit : une mollasse. Pourquoi en faire un nom propre et l'appliquer au Système miocène qui ne comporte pas que des mollasses ? Et d'ailleurs, s'il y a beaucoup de mollasses dans le Miocène, il n'y en a pas que là, la Mollasse d'Etrechy par exemple, est stampienne, celle du Fronsadais se rapporte au Ludien et au Sannoisien, et l'on pourrait très probablement trouver des mollasses à tous les niveaux, au moins du Tertiaire. Donc Mollasse appliqué au Miocène en général, nous paraît un terme désuet et imprécis, que l'on dise : une mollasse de telle époque, mais non : la Mollasse.

BURDIGALIEN

Depuis un certain temps l'usage semble prévaloir de joindre cet étage à l'Aquitanién, pour en faire le Néogène inférieur, correspondant au Premier Étage méditerranéen d'E. Suess. Cette habitude eut pour tenants des savants tels que Haug, Dollfus, et nous avons en Provence, à portée de la main si l'on peut dire, un exemple qui semblerait confirmer sa légitimité. Sur la côte, au Sud de la Nerthe, entre Carry et Sausset, s'échelonnent tous les termes d'une série bien homogène allant de l'Aquitanién inférieur au Burdigalien supérieur. Les horizons se succèdent en parfaite concordance stratigraphique, avec des faciès marins analogues ; à savoir des alternances de marnes sableuses et de bancs grésocalcaires, et avec des faunes non moins analogues, dont beaucoup d'espèces chevauchent sur les deux étages. En un mot, sur le versant Sud de la Nerthe, la transgression marine commence par l'Aquitanién et les mêmes dépôts se maintiennent en concordance à travers le Burdigalien inférieur.

Et pourtant, malgré ce cas intéressant, nous continuerons à comprendre l'Aquitaniien dans l'Oligocène, d'accord en cela avec plusieurs auteurs, entre autres M. Gignoux [99, pp. 417, 485] et avec notre maître M. Repelin, dont les remarquables études sur les mammifères des calcaires de l'Agénais [168] semblent avoir définitivement tranché la question. Nous n'emploierons donc pas dans le cours de notre travail la terminologie nouvelle, et ne parlerons que de Burdigalien. D'ailleurs, le cas de Carry-Sausset est isolé ; il est unique pour toute la région que nous avons explorée.

Dans toute la Basse-Provence en effet, le Miocène débute, transgressif, par les couches burdigaliennes. S'il succède à des dépôts aquitaniens, il n'a aucun rapport avec eux quant à la faune et au faciès. Ceux-ci sont représentés par les gypses d'Aix à faune continentale ou saumâtre, ou les calcaires à *Helix Ramondi* de la vallée du Rhône.

Il y a bien l'Aquitaniien marin signalé à Vacqueyras, au Nord de Carpentras, par M. Joleaud [114]. Nous avons effectivement trouvé dans nos recherches, des marnes bleues entre le poudingue classique à galets patinés et le calcaire à *P. præscabriusculus* du Burdigalien supérieur. Dans ces marnes, nous avons recueilli quelques débris d'*Amussium*, n'appartenant certainement pas à *Am. subpleuronectes*. La position stratigraphique de ce niveau, de même que le faciès, commun dans le bassin de Forcalquier, semblerait plutôt en faire du Burdigalien inférieur. Toutefois, nous n'avons probablement pas eu la chance de tomber, dans une exploration assez rapide d'ailleurs, sur la localité signalée par M. Joleaud comme « très fossilifère ». Cette région était, de plus, située en dehors des limites que nous avons assignées à nos recherches. Nous nous contenterons donc, sans opposer un démenti formel à M. Joleaud, d'émettre un doute sur l'attribution à l'Aquitaniien des marnes bleues de Vacqueyras.

Nous conservons la terminologie classique, la croyant plus adéquate à la stratigraphie provençale, et nous considérons le Miocène en tant que transgression marine, débutant pour nous au Burdigalien.

Nous distinguons dans l'étage burdigalien deux sous-étages : le Burdigalien inférieur et le Burdigalien supérieur. Dans ces deux subdivisions, nous rangerons les faciès reconnus par Fontannes et Depéret, cités par ce dernier dans son « Tableau » [55], adoptés déjà par Munier-Chalmas et de Lapparent [153].

Nous ne suivrons pas Pellat [159] dans sa façon de subdiviser le Burdigalien. Nous reconnaissons volontiers avec lui que les couches de Sausset, même la mollasse rose, n'ont pas d'équivalent au Nord de la côte de Provence, par le faciès et la faune de gastéropodes, que les *Pecten* y sont rares et malaisément déterminables, mais d'autre part, le synchronisme des faunes avec Léognan et Saucats, est un argument qui a bien sa valeur, et les divergences de faciès s'expliquent aisément. Les faluns burdigaliens de Sausset se sont déposés, sans changement de topographie sous-marine, au-dessus des faluns aquitaniens, dans les mêmes conditions, à des pro-

fondeurs analogues ; il est normal que beaucoup d'espèces aquitaniennes aient subsisté dans l'étage supérieur. Allons même plus loin, la démarcation entre le Burdigalien et l'Aquitaniens est presque virtuelle, il y a : les faciès et la faune de la Côte de Provence.

Or, à la même époque, la mer envahissait la vallée du Rhône et la basse vallée de la Durance, elle y déposait les sables à *Sc. paulensis* ou leurs équivalents. Cette transgression, accompagnée de forts courants marins, poussait devant elle un poudingue, et les sables grossiers ne tardaient pas à combler les premiers chenaux. Est-il étonnant que la faune de ces sables soit pauvre et parfois absente ? On comprend sans peine que toutes les espèces des formations précédentes n'aient pu s'adapter à des conditions nouvelles de vie. Seuls les Pectinidés, les Huîtres et quelques Échinidés habitèrent les régions nouvellement immergées. Plus tard, à mesure que l'occupation marine s'affirmait en durée, le peuplement se fit, et le Burdigalien supérieur sera beaucoup plus fossilifère. Pellat attache, à notre avis, une trop grande importance au poudingue à éléments verts qui se rencontre dans le Burdigalien. « Ces conglomérats, dit-il, indiquent fort bien une limite de sous-étage... » [159, p. 502]. Cette conception nous paraît exagérée, il y a poudingue quand il y a transgression. Dans la vallée du Rhône, le conglomérat se trouve à la base des sables à *Sc. paulensis*, parce que la transgression marine a commencé avec eux. A Sausset il n'y a pas de conglomérat à la base du Burdigalien inférieur, parce que l'étage n'est pas transgressif, mais s'est déposé en parfaite continuité avec les dépôts aquitaniens (fig. 2) et la transgression commence avec le Burdigalien supérieur (banc à *O. crassissima* de Sausset), qui, effectivement, débute par le conglomérat en question.

Burdigalien inférieur.

Il ne se trouve pas partout. Comme nous l'exposerons plus loin, ses dépôts ont joué un rôle de comblement et, pour ainsi dire, nivelé le fond des dépressions ante-miocènes. Ce sont généralement des sables plus ou moins grossiers, parfois marneux ou argileux, empiétant en certains points des algues calcaires ou des galets d'origine diverse. Leur couleur est habituellement le gris ou le vert, rarement le jaune.

C'est à ce sous-étage que se rapportent : ce que Fontannes appelait les sables à *P. ventilabrum* de Plan d'Aren, les formations inférieures de la Chaîne des Costes, des Alpines et du Luberon, enfin, les faluns de Sausset.

Les Pecten y sont abondants. D'après nos constatations, les formes qui, dans notre région, auraient eu leur apogée à ce niveau seraient :

Flabellipecten fraterculus Sow. sp.

var. *avaticus* nov. var. = *Pecten vindascinus* Font.

Chlamys seniensis Lamk. sp. = *Pecten ventilabrum* Goldf.

Chlamys multistriata Poli sp. = *Pecten Justianus* Font.

Chlamys pavonacea Font. sp.

Burdigalien supérieur.

Cet horizon est plus connu que le précédent. Ses dépôts se sont étalés en une nappe immense, tantôt en superposition normale sur la formation sous-jacente, tantôt transgressifs, sur des couches plus anciennes.

Les faciès de ce sous-étage sont peu variés. Le plus répandu est celui que les anciens géologues appelaient « mollasse coquillière » ou simplement « mollasse ». C'est une accumulation de débris de coquilles diverses dans une pâte uniquement calcaire et assez dure. Parfois s'intercale un banc d'Huitres ou de Pernes. La petitesse des débris rend la pierre exploitable en certaines localités, fameuses par leurs carrières. Ce faciès indique clairement un rivage proche, un véritable brassage des dépôts par les vagues et les courants, qui réduisit les coquilles à l'état de débris. Les Huitres à cause de l'épaisseur de leur test et de leur biologie grégaire purent toujours résister ; de même les Pecten, lorsqu'ils vécurent en bancs.

Dans la région qui nous occupe, le Burdigalien est caractérisé par :

Chlamys præscabriuscula Font. sp.

Flabellipecten latissimus Broch. sp. var. *restitutensis* Font.

Flabellipecten Tournali de Serres sp.

Flabellipecten galloprovincialis Math. sp.

Pecten Josslingi Smith = *P. lychnulus* Font.

Topographiquement, ce niveau est bien connu par ses entablements taillés généralement à pic ; il se reconnaît de loin, presque infailliblement, à sa couleur blanche ; ce caractère, pour empirique qu'il soit, n'est jamais en défaut dans notre région.

HELVÉTIEN

Volontiers, à la suite de Depéret, les géologues modernes unissent cet étage au suivant, le Tortonien, pour n'en faire qu'un : le Vindobonien. A vrai dire, l'étude approfondie des Feuilles d'Aix et d'Arles tendrait à nous faire partager cette façon de voir ; l'Helvétien n'a pas dans cette région les caractéristiques d'un véritable étage.

Puissamment développé en épaisseur, il est presque partout stérile. On trouve en certains gisements des Scutelles, des Amphiope, *Ostrea crassissima* Lamk. à l'état sporadique ou en bancs (Volx), des Pectinides dans la Trévaresse et une faune de Gastéropodes, découverte par Collot à Rognes

et décrite par lui [31, p. 64]. A part ces quelques localités privilégiées, l'Helvétien est malaisément déterminable par sa faune.

Pas de faciès non plus très spécial : des sables jaunâtres ou gris, souvent jaune vif, ce qui les a fait appeler « safres » dans le pays, devenant parfois argileux et s'étagant avec des épaisseurs variables. Seule, à la base du dépôt, et en certains points seulement, une formation se distingue nettement : elle présente le faciès spécial des argiles bleuâtres, micacées, du Schlier du Bassin de Vienne. Bien développé à Istres, le dépôt est également visible à Saint-Chamas et à Aurons. Nous ferons débiter l'Helvétien par cette formation, prenant pour type la succession d'Istres, d'accord avec M. Cottreau [40], et nous considérerons comme burdigaliens, tous les dépôts où se rencontre le *P. præscabriusculus*.

L'Helvétien, dans toute la région qui nous occupe, correspond à un dépôt de comblement et il est l'analogue du Burdigalien inférieur, et il est au Tortonien ce que ce dernier est au Burdigalien supérieur.

Néanmoins, malgré son peu de spécificité, nous en avons tracé les limites sur les plans directeurs au 1/10.000^e pour la région d'Istres et de Saint-Chamas, sur la carte d'état-major au 1/50.000^e pour le reste. La tâche ne nous fut pas aisée, car si ce niveau se distingue bien du Burdigalien par la différence des faciès, il n'en est pas de même pour le Tortonien dont les dépôts succèdent parfois aux siens en continuité de faciès et sans faune déterminable.

TORTONIEN

Cet étage, que nous séparons du précédent, s'en distingue généralement par une différence de faciès. L'Helvétien représentait des dépôts de mer assez profonde, le Tortonien au contraire débute par un faciès néritique.

Au point de vue bathymétrique, le Tortonien inférieur est l'équivalent du Burdigalien supérieur, et ce sont encore des mollasses exploitées en carrières à Rognes, à Lambesc, au Tholonet, dans la Crau, mollasses calcaires, ou gréseuses, et, dans ce dernier cas, avec des fossiles entiers, et bien conservés. Parmi ceux-ci, le plus caractéristique en même temps que le plus abondant est sans contredit *Chlamys scabriuscula* Math. sp. Il se trouve en bancs épais à Sulauze, aux Madeleines, à Miramas, à Bon-receuil, fournissant un excellent jalon stratigraphique.

A Cucuron et à Vaugines, où Depéret a pris le type de ce faciès « récifal », *Chl. scabriuscula* est associée à *Flabellipecten planosulcatus* Math. sp., *Chlamys multistriata* et à une riche faune de lamellibranches et de gastéropodes. Mais ces localités sont en dehors des Feuilles d'Arles et d'Aix, dans lesquelles nous ne connaissons pas de faune aussi riche.

Fontannes et Depéret citent bien le gisement de gastéropodes de Sulauze, mais les fossiles y sont en très mauvais état.

Signalons un beau gisement de *Chl. multistriata* dans les parages du Grand Saint-Paul, et de *Flab. planosulcatus* près de Caire. A Boisvert et dans toute la région, on trouve, à l'état de moules externes, noirâtres, toute une faune que Collot a décrite [31, p. 60], mais dont les restes sont très mal conservés.

Quelquefois, aucun fossile ne caractérise le début du Tortonien, et nous avons dû nous contenter d'analogies de faciès, cas heureusement assez rares, et d'ailleurs, les couches étant dans l'ensemble assez régulières, nous avons toujours pu, la topographie aidant, suivre un niveau jalonné de loin en loin par la présence de *P. scabriusculus*. En plusieurs points de notre région, le Tortonien présente une plus forte épaisseur, et des faciès de mer profonde. Au premier entablement mollassique succèdent des marnes et des argiles. C'est à ce niveau qu'appartiennent les marnes bleues de Cabrières d'Aigues, à *Cardita Jouanneti* Bast., *Ancillaria glandiformis* Lamk., Pleurotomes et petits gastéropodes, faune typique du Tortonien, identique à celle de Tortone et de Baden. Mais cette faune est localisée dans un espace restreint, entre la Durance et le Luberon. Vers le Sud, on ne la retrouve qu'en un point, à Peschière, où Collot la découvrit, et en décrit [31, p. 78] un certain nombre d'espèces, qui sont au Musée de Marseille.

Tous les autres affleurements de Tortonien supérieur sont constitués par des argiles jaunâtres à *O. crassissima* (La Calade, Aix-Station). Le terme ultime de la succession nous paraît être la mollasse à Hélix du Peyrignou et de Jouques, surmontée dans cette dernière localité par les couches d'eau douce.

SARMATO-PONTIQUE

Il ne nous semble pas opportun d'adopter la classification de Haug qui fait entrer le Sarmatien dans le Vindobonien, ce dernier étant l'équivalent du Néogène moyen ou Deuxième Étage méditerranéen de Suess.

Le terme de Sahélien désignant les faciès marins du niveau, nous comprendrons sous le nom de Sarmato-Pontique des formations lacustres ou continentales qui se superposent aux couches tortoniennes en plusieurs points de la Basse-Provence. Elles ne peuvent, faute de fossiles marins, être attribuées avec certitude au Sarmatien ou au Pontien. Néanmoins, leur beau développement, qui peut atteindre une puissance considérable, témoins les poudingues de Riez et de Valensole sur la Feuille de Castellane, leurs faciès très spéciaux, indices de changements profonds dans la géographie de la région, leur riche faune de mammifères, étudiée par Gaudry [93], nous incitent à les considérer comme formant un étage à part. Ces formations seraient inconnues sur la Feuille d'Arles, si nous ne com-

prenions dans l'étage les argiles bariolées analogues à celles d'Aix, qui retiennent les eaux de l'étang d'Entressen, ainsi qu'une couche gréseuse rosée visible près de Mouriès, au-dessus du Tortonien.

Sur la Feuille d'Aix, elles sont figurées par la couleur gris clair annotée *m*⁴. A vrai dire, il était difficile de faire mieux, car si, sur la Feuille voisine de Forcalquier, on peut distinguer assez facilement l'horizon des calcaires blancs à *Helix Christoli* Math. et celui des limons rougeâtres à *Hipparion*, dans la région qui nous occupe, les deux faciès sont souvent indiscernables ; néanmoins, nous nous sommes efforcé de les colorier différemment.

Par endroits, le faciès qui semble inférieur, c'est-à-dire celui des calcaires à *H. Christoli*, est bien représenté avec une faune caractéristique, c'est le cas de la Trévaresse et des environs de Saint-Paul-lez-Durance. Mais par contre, en bien des endroits, les argiles rouges surplombent directement le Miocène marin ; c'est le cas, entre autres, de la colline Sainte-Anne au Nord d'Aix. Enfin, il arrive que le faciès soit mixte, ou spécial à la localité ; et l'on a, par exemple, les marnes grises du Mont-Perrin et de Rouchon, les poudingues de la Pelle, Coupeau et Fontcuberte.

Nous ne croyons pas que l'on puisse réellement distinguer deux niveaux dans le Sarmato-Pontique, même sur la Feuille de Forcalquier. M. Savorin [192], dans une note très intéressante, a fait remarquer les intercalations de calcaires à *H. Christoli* dans les limons à *Hipparion*. Nous avons vérifié, de notre côté, ses observations sur le versant méridional du Luberon.

Les contours que nous pouvons donner représentent donc simplement la démarcation de deux faciès.

Sur la faune du faciès à *H. Christoli*, il n'y a plus rien à dire, depuis la belle monographie de Depéret et Sayn [62], d'après les fossiles de Cucuron. Dans la région qui nous occupe, nous n'avons trouvé nulle part de gisements aussi riches. Signalons cependant un beau gîte d'*H. Christoli* au monticule coté 340 dans la Trévaresse. A Rouchon, près d'Aix, nous avons découvert un lambeau assez important de marnes grises de ce niveau, avec de nombreux fossiles, *Helix*, *Planorbis*, *Limnées*, mais en très mauvais état.

Quant aux limons à *Hipparion*, ils n'ont jamais donné de fossiles sur la Feuille d'Aix, et la chance ne nous a pas permis d'en découvrir sur celle de Forcalquier.

En terminant ce paragraphe, il nous faut dire un mot de certains galets, que l'on rencontre en quelques points en abondance, à la surface du Miocène, et dont l'apport a été attribué au Sarmato-Pontique. Ce sont de petites amandes de quartz, de quartzites, rarement de calcaires, uniformément revêtues d'une patine rose qui serait due à un oxyde de fer. On les trouve à des altitudes variables. David Martin les a très bien décrits [143], ils sont caractérisés par l'égalité de leur taille en un point

donné ; cet auteur, considérant qu'ils ne comportent pas de variolites, les crut déposés par une transgression marine quaternaire.

Collot [30, p. 401 ; 31, p. 95] repousse cette interprétation et les considère comme un résidu de l'érosion de sédiments pontiques qui auraient recouvert le Miocène. Là encore, une stratigraphie un peu rigoureuse fait rejeter cette hypothèse. Ces galets se trouvent en maints endroits à la surface du Burdigalien supérieur, dans ce cas, il faudrait admettre la destruction de tout le Tortonien et de l'Helvétien, les petits galets pontiques restant en place, c'est évidemment impossible ; ou l'érosion de tout le Vindobonien avant le dépôt des galets, ce qui est contredit par l'habituelle superposition du Sarmato-Pontique au Tortonien ou exceptionnellement à l'Helvétien.

Nous nous bornerons à constater d'après nos recherches personnelles que :

1° Ces galets forment une auréole au delà de la bordure orientale de la Crau.

2° Leur taille augmente généralement à mesure qu'on se rapproche de la Crau et diminue avec la hauteur.

3° On trouve un banc de galets identiques, en place, dans le Quaternaire de Rassuen.

Comme conclusion, ces petits galets nous semblent intimement liés à la Crau, sont-ils Pliocènes ou Quaternaires ? Nous pencherions plutôt pour cette dernière hypothèse, nous gardant soigneusement d'apporter d'autres précisions. Cette question, en effet, dépasse les limites de notre sujet, nous laissons à de plus qualifiés que nous le soin de la résoudre. La question des petits galets roses ainsi que celles des étranges alignements d'étangs salés, saumâtres ou desséchés de la presqu'île de Saint-Mitre, font de cette partie de la Basse-Provence une des plus intéressantes au point de vue post-miocène.

CONCLUSION

Dans sa thèse de 1913 [p. 16] et tout dernièrement dans sa *Géologie stratigraphique* [p. 494], M. Gignoux considère le Miocène de la vallée du Rhône, comme un « exemple parfait de cycle sédimentaire, dont les épisodes locaux, variés à l'infini, ne masquent pourtant point l'impressionnante unité ».

Ces épisodes locaux se sont manifestés à nous dans la Basse-Provence, sous la forme de trois stades dans la phase marine du cycle sédimentaire.

Un premier stade correspond au Burdigalien. Aux dépôts de comblement, sables et poudingues du Burdigalien inférieur, succèdent les faciès néritiques beaucoup plus étendus des mollasses du Burdigalien supérieur, avec de larges bancs d'Huitres et de Peignes, à proximité des rivages.

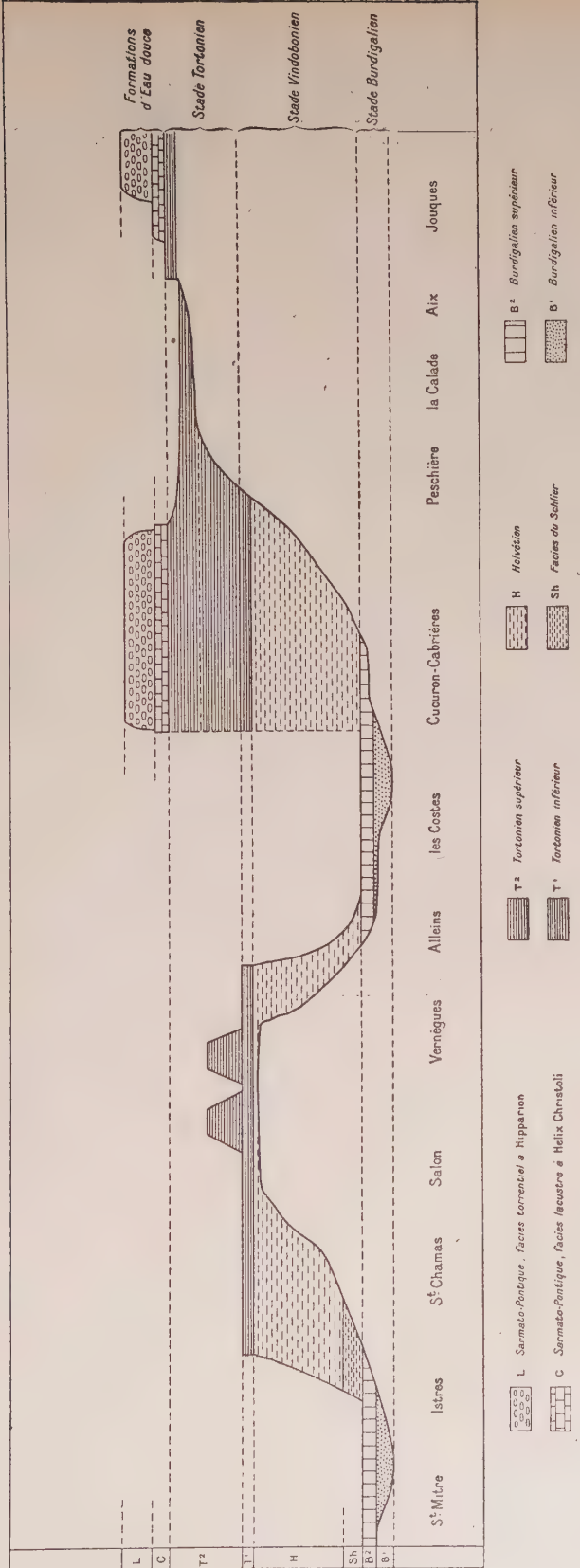


Fig. 1. — Schéma synthétique des successions miocènes dans quelques régions de la Basse-Provence.

N.-B. — Cette légende sera conservée dans tout le cours de notre étude.

Le deuxième stade, que nous appelons Vindobonien, comporte les puissantes formations sableuses de l'Helvétien. Elles débutent en certains points par le faciès du Schlier, dépôt de mer assez profonde, et sont couronnées par l'entablement mollassique du Tortonien, où nous retrouvons les bancs de Peignes et le faciès récifal.

Enfin, on peut distinguer par endroits un troisième stade strictement Tortonien, qui comprend les dépôts bathyaux de marnes et d'argiles, de Cabrières d'Aigues, la Calade, Aix, surmontés par la mollasse du Peyriguiou, essentiellement littorale.

Les dépôts lacustres ou torrentiels du Sarmato-Pontique terminent le cycle total.

On peut traduire cette série sédimentaire par le schéma suivant :

Il est bien évident que l'on pourrait aller plus loin et distinguer dans le cours de chaque stade des alternances de couches sableuses et d'entablements plus gréseux, comme cela est particulièrement bien visible, par exemple, à la Couronne, dans le Burdigalien, à Saint-Chamas, dans l'Helvétien et à Vernègues, dans le Tortonien. Nous les signalerons en temps opportun.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE DES PRINCIPALES RÉGIONS NATURELLES DE LA BASSE-PROVENCE

Nous nous proposons, dans cette deuxième partie de notre travail, de passer en revue les principales régions naturelles de la Basse-Provence et d'en faire un examen stratigraphique succinct.

Nous envisagerons en autant de chapitres :

- I. Le pourtour de la Nerthe.
- II. La région située à l'Ouest de l'étang de Berre.
- III. La Crau.
- IV. Les Alpines et le Défends.
- V. La Chaîne des Costes.
- VI. La Trévaresse et le Plateau de la Touloubre.
- VII. La dépression d'Aix, la vallée de Vauvenargues et le Montaignet.
- VIII. Les petits lambeaux méridionaux sur la Nerthe et au Sud du Montaignet.
- IX. La vallée de la Durance.
- X. La vallée du Coulon et le bassin de Forcalquier.

Il est évident que l'étendue de ces chapitres ne sera pas proportionnée à l'importance stratigraphique ou paléontologique de la région considérée. Dans un travail de révision, le Plateau de Cucuron ou la plaine du Comtat, par exemple, qui ont fait, de la part de Fontannes [73], et de M. Joleaud [115], l'objet d'études complètes, seront examinées rapidement. Par contre, nous nous étendrons davantage sur des régions où nous avons dû contester l'ordre des successions admis jusqu'ici.

Au point de vue stratigraphique, notre effort a surtout porté sur les Feuilles d'Arles et d'Aix, où il nous a fallu tracer les limites des étages miocènes. Pour celles de Forcalquier et d'Avignon, où le travail était à peu près complètement exécuté, nous nous sommes borné à le contrôler, donnant de temps à autre les rectifications nécessaires.

Au point de vue paléontologique, nous éviterons les longues listes de fossiles, déjà données du reste par nos prédécesseurs. Nous nous bornerons à signaler les fossiles types, les Pectinidés principalement, en rectifiant leur appellation, s'il y a lieu et en renvoyant pour l'étude approfondie de certaines formes, à un Appendice paléontologique que l'on trouvera à la fin de notre travail.

Enfin, dans chaque chapitre, un paragraphe fournira une étude rapide de la tectonique de la région.

CHAPITRE I

LE POURTOUR DE LA NERTHE

La Chaîne de la Nerthe, au relief usé, aux gorges arides et pittoresques, s'allonge de l'Est à l'Ouest et limite au Nord le Golfe de Marseille.

Là, comme dans les autres chaînons montagneux de la Basse-Provence, à la période des grands mouvements a succédé un cycle d'érosion, transformant la chaîne en une pénéplaine ; puis est venue une période d'affaissement, qui a permis à la mer d'envahir les territoires plissés et ensuite arasés. La mer miocène a-t-elle recouvert la Chaîne de la Nerthe en totalité ou seulement dans sa partie occidentale ? Nous le préciserons plus loin.

Pour le moment, nous allons nous occuper des dépôts, qui la bordent au Sud et à l'Ouest, c'est-à-dire de Carry à Port-de-Bouc.

HISTORIQUE

Une certaine confusion règne au sujet de la nomenclature des couches miocènes.

Pour Fontannes [78, 79] qui, le premier, en 1889, fit une étude complète de la région, il n'y a pas de Burdigalien après l'Aquitarien, et le Langhien est surmonté par l'Helvétien, comprenant toute la série miocène, depuis les bancs à *O. crassissima* de Sausset jusqu'aux couches à *P. scabriusculus* de Sulauze et Miramas qui commencent le Tortonien. Malgré ces obscurités nominales, Fontannes décrit avec une exactitude remarquable la succession des strates en de nombreux points le long de la côte.

Depéret [55] aggrave le malentendu. Son « Tableau de la succession des horizons miocènes dans le bassin du Rhône » est erroné dans sa première colonne. Voulant dissocier le vaste « Helvétien » de Fontannes et tendant à trouver dans chaque région les successions les plus complètes possibles, il vit à Couronne : du Burdigalien, de l'Helvétien et du Tortonien. En 1907, M. Joleaud [115] synchronise les formations de la même manière.

M. Cottreau, que ses remarquables études sur les Échinides néogènes [39, 40] amenèrent dans la région, eut de la succession des couches une vue plus claire. Le Miocène ne correspond pas à toute l'épaisseur qu'on lui attribue. D'une part, les couches considérées jusqu'ici comme helvétiques et affleurant entre Sausset et l'anse du Grand-Vallat — « couches sablonneuses à *P. Fuchsi* et moules de bivalves avec intercalation de faciès récifal à Bryozoaires » de Depéret [55, p. 202] — appartiennent, malgré leur situation, à un niveau inférieur au Miocène ; elles sont aquitaniennes. D'autre part, M. Cottreau attribue au Burdigalien la presque totalité des bancs supérieurs, ceux de Couronne dont il sera question plus loin, ne rangeant dans l'Helvétien que leur partie tout à fait terminale.

La question devenait de ce fait incomparablement plus claire pour qui aborde le terrain.

VUE D'ENSEMBLE

Une étude approfondie de la région et la comparaison avec les affleurements voisins nous ont montré les choses sous un aspect encore plus simple.

Toutes les couches de la bordure méridionale de la Nerthe se distribuent en deux étages ; l'Aquitanien et le Burdigalien. De l'Aquitanien, nous ne nous occuperons pas en détail ; constatons seulement sa terminaison en « biseau » dans la direction du Nord-Ouest.

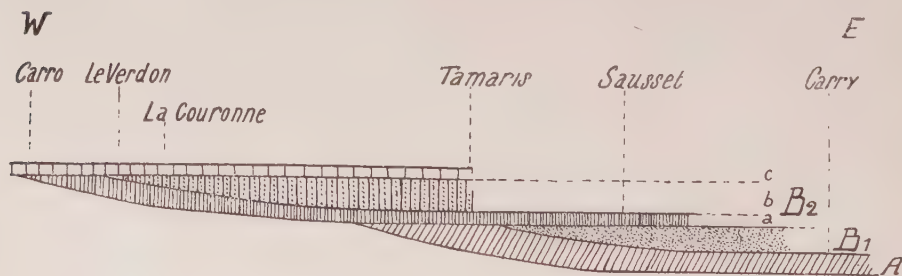


Fig. 2. — Coupe théorique Ouest-Est de Carro à Carry, montrant l'ordre de succession des dépôts miocènes antérieurement à tout mouvement tectonique.

B2 : Burdigalien supérieur :

- c) Horizon supérieur de Couronne à *Clyp. intermedius*.
- b) Horizon moyen de Couronne à *P. Josslingi*, *Schiz. Lovisatoi*.
- a) Horizon inférieur de Couronne à grosses huîtres.

B1 : Burdigalien inférieur.

A : Aquitanien.

Le Burdigalien inférieur, peu développé, s'étend moins que l'Aquitaniens. Le Burdigalien supérieur, transgressif jusque sur le Crétacé, se subdi-

visé en trois horizons caractéristiques. L'horizon inférieur et l'horizon moyen se terminent également en biseau dans la direction Nord-Ouest. L'horizon supérieur, notablement transgressif sur les deux précédents, recouvre de vastes étendues de la partie occidentale de la Chaîne de la Nerthe.

L'ensemble correspond à un approfondissement « en cuvette » des fonds sous-marins.

EXAMEN STRATIGRAPHIQUE

Le **Burdigalien inférieur** a été minutieusement décrit par Fontannes, puis Depéret, au point de vue stratigraphique et paléontologique. Il se compose d'une alternance de bancs gréseux et marneux, qui, par leur faune, leur faciès et leur plongement, se différencient peu de l'Aquitaniens qui leur sert de base. Cet étage n'est pas transgressif ; au contraire, ses dépôts s'étendent moins vers l'Ouest que les dépôts aquitaniens.

Fidèles à notre méthode, nous avons porté notre attention principalement sur les Pectinidés. Ils y sont assez rares, ce qui est normal dans une faune où dominent les Gastéropodes. Nous n'y avons trouvé que *Flabellipecten fraterculus* Sow. sp., espèce que Fontannes et Depéret appellent *P. vindascinus*. Nous l'avons rencontré dès l'Aquitaniens supérieur. Un Échinide caractérise ce niveau par sa présence en véritables bancs ; c'est *Amphiope elliptica* Desor.

Le **Burdigalien supérieur** se divise, nous l'avons dit, en trois horizons.

1. — Banc à Huitres de Sausset, avec *O. crassissima* et *Scutella striatula* de Serres. Cette couche est transgressive sur l'Aquitaniens. Formant l'entablement sur lequel est bâtie la chapelle Sainte-Croix, elle est bien développée de chaque côté de l'anse du Verdon, où elle contient de grosses huitres du type *O. squarrosa* de Serres et *O. Boblayi* Desh., ainsi qu'un Pecten, voisin de *P. præscabriusculus* que nous aurons d'ailleurs l'occasion de revoir plus tard : *Chlamys seniensis* Lamk. [cf. p. 157] et que Fontannes, puis Depéret, appellent *P. ventilabrum* Goldf. On y trouve aussi quelques échantillons de *Flab. galloprovincialis*. L'âge burdigalien de cette couche a été amplement démontré par M. Cottreau.

2. — Alternance de sables jaune vif et d'entablements gréseux de même couleur. Ce dépôt correspond à une cuvette plus profonde de la mer miocène à l'époque du Burdigalien supérieur. Il se termine en biseau vers l'Ouest et le Nord, en deçà de la couche sous-jacente ; c'est une « lentille », dont l'érosion n'a laissé subsister qu'une partie ; la petite vallée qui entoure le village de la Couronne à l'Ouest et au Nord en trace les limites. Cet

horizon est caractérisé par une extrême abondance de moules internes de Pélécy-podes, de Turritelles. On y trouve aussi *Flab. galloprovincialis*, *Scalaria lamellosa* Bron. (= *rugosa* Math.) et deux fossiles, que dans nos multiples recherches nous n'avons jamais rencontré qu'à Couronne : *Pecten Josslingi* Smith et *Schizaster Lovisatoi* Cottr.

Fontannes et, après lui, Depéret ont rangé cet horizon dans l'Helvétien, chose surprenante à première vue, car, dans toute la région provençale, l'Helvétien est à peu près stérile, alors que la faune du banc envisagé est très riche et de caractère burdigalien. Depéret cite en effet *P. galloprovincialis* qui, absolument local, ne peut servir de terme de comparaison, *P. vindascinus* Font., que nous avons toujours trouvé dans le Burdigalien inférieur, *P. lychnulus* Font. (= *Josslingi* Smith), que MM. Roman et Depéret attribuent au Burdigalien supérieur, *P. Fraasi* Fuchs dont M. Cottreau [39] a démontré l'existence dans les couches aquitaniennes du versant méridional de la Nerthe. Quant aux *P. substriatus* et *P. Fuchsi*, également cités par Depéret, si tant est qu'ils soient spécifiquement helvétiques, nous ne les avons jamais trouvés à Couronne. Ajoutons enfin que M. Cottreau donne comme Burdigalien *Schizaster Lovisatoi*, fossile particulièrement abondant au niveau qui nous occupe.

Du reste, si nous plaçons cet horizon avec certitude dans le Burdigalien, c'est aussi pour une raison stratigraphique : le niveau qui le surmonte et qui est transgressif sur lui est encore burdigalien.

3. — « Mollasse rose de Couronne ».

Dans le « Tableau » de Depéret, cet horizon est considéré comme équivalent à la mollasse gréseuse de Sulauze, de Miramas et au faciès récifal de Cucuron. Tout cela est à changer : les horizons de Couronne se distinguent très nettement de ceux de Sulauze, l'horizon 3 est burdigalien.

Caractères négatifs.

A) Cette couche ne renferme pas de fossiles tortoniens. Elle ne contient pas *Cardita Jouanneti* Bast., que nous y avons cherchée en vain et que ne renferment ni la collection Matheron, ni la collection générale du Musée de Marseille. Nous n'avons pas non plus trouvé, malgré de nombreuses recherches, *P. scabriusculus*, dont la présence en bancs épais caractérise la base du Tortonien. Depéret [79, p. 72] déclare lui-même qu'il n'a jamais trouvé ces fossiles à Couronne, mais que Matheron [150] les signale, ainsi que les notes manuscrites de Fontannes. Or, Matheron ne les figure ni ne les mentionne dans son « Catalogue des corps organisés fossiles ». Et d'ailleurs, s'il les avait réellement trouvés, ils seraient renfermés dans sa collection.

B) Le faciès de cette zone n'est pas un faciès tortonien, il n'a pas la couleur rousse et la texture peu résistante que nous avons observées dans tous les affleurements typiques de l'étage.

Caractères positifs.

A) Cette couche contient des fossiles burdigaliens.

Flab. galloprovincialis, qui se trouve dès le premier horizon considéré par tout le monde comme burdigalien, se rencontre tout le long de la côte en allant vers le Nord, à savoir : à Ponteau, à Saint-Pierre, à Port-de-Bouc et jusqu'à Plan-d'Aren. On le rencontre, toujours au même niveau, avec des affleurements presque continus, présentant le même faciès de « calcaire moellon », suivant l'expression anciennement employée.



Fig. 3. — Coupe naturelle schématisée de la Rive Ouest de l'anse du Verdon.

c) Horizon supérieur de Couronne transgressif sur l'inférieur (a) et sur le Crétacé arasé (cr).

On le trouve à Couronne associé à *Chl. seniensis* qui est spécifique du Burdigalien inférieur dans la région de l'étang de Berre.

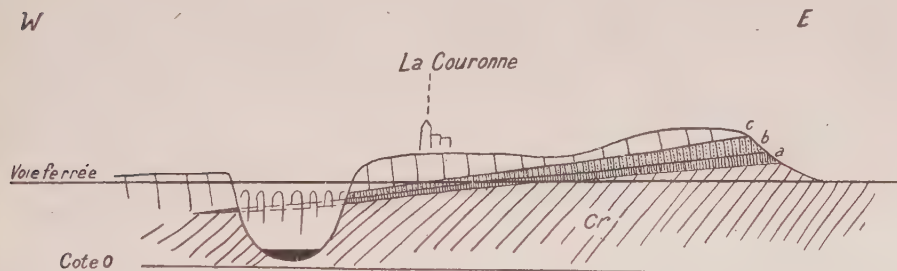


Fig. 4. — Coupe Ouest-Est au niveau du village de La Couronne montrant l'amincissement vers l'Ouest de l'horizon 1 et la disparition de l'horizon 2 au niveau de l'anse du Verdon.

B2 : Burdigalien supérieur :

- c) Horizon supérieur de Couronne à *Cl. intermedius*.
- b) Horizon moyen de Couronne à *P. Josslingi*, *Schiz. Lovisatoi*.
- a) Horizon inférieur de Couronne à grosses huîtres.

Matheron le signale avec *Flab. Tournali* de Serres à Couronne même, et nous avons observé avec certitude cette association à Port-de-Bouc, or *Flab. Tournali* est caractéristique du Burdigalien supérieur à Istres et dans

toute la région des étangs, où il voisine avec *P. præscabriusculus* qui deviendra prédominant vers le Nord [cf. Carte n° 4].

P. Josslingi Smith = *lychnulus* de Fontannes, est cité par cet auteur dans le calcaire à *P. præscabriusculus* du bassin de Visan, or il se rencontre dans l'horizon 3 de Couronne, quoiqu'en moins grande abondance que dans l'horizon 2.

Enfin on trouve en abondance dans le 3^e horizon, *Clyp. intermedius* Des. que M. Cottreau [40] place dans le Burdigalien.

B) De plus cet horizon, dépassant en extension, d'abord le deuxième, puis le premier, finit par être transgressif sur le Crétacé arasé, ainsi que M. Repelin [165, p. 258] l'a figuré dans son étendue sur la Nerthe, et comme cela est visible sur la coupe naturelle que nous offre la rive Ouest de la Calanque du Verdon.

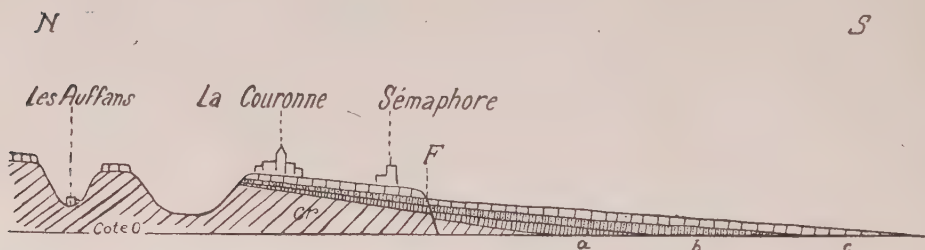


Fig. 5. — Coupe Nord-Sud passant par le village de La Couronne et le Sémaphore donnant un résultat analogue.

B2 : Burdigalien supérieur :

- c) Horizon supérieur de Couronne à *Clyp. intermedius*.
- b) Horizon moyen de Couronne à *P. Josslingi*, *Schiz. Lovisatoi*.
- a) Horizon inférieur de Couronne à grosses huitres.

F : Faille au niveau de la plage du Verdon.

C'est à ce niveau qu'appartiennent les lambeaux exploités en carrières, qui parsèment les pentes de la Nerthe, au Nord du village de la Couronne, et dont nous avons tracé les contours au 1/20.000^e. Dans l'hypothèse de Depéret, il faudrait donc admettre, dans toute la partie occidentale de la Chaîne de la Nerthe, une transgression tortonienne, mais d'un Tortonien dont le faciès et la faune n'ont absolument rien de commun avec ceux de tout le reste de la Provence et de la vallée du Rhône.

Cet horizon ne peut être que Burdigalien. Il est même, localement, le terme représentatif de l'étage, c'est avec cet horizon que nous comparerons les affleurements burdigaliens des autres régions, les horizons inférieurs à celui-ci ne sont que l'effet d'un approfondissement local de la mer du Burdigalien supérieur.

ÉTUDE TECTONIQUE DE LA RÉGION

Cette tectonique n'est évidemment pas compliquée.

La chaîne de la Nerthe, après le plissement qui la forma, connut une période d'immersion. Cette immersion fut-elle complète ? Nous nous posons la question plus loin. Toujours est-il que dans le mouvement de surrection qui suivit le Miocène, la chaîne souleva les dépôts tertiaires qui la recouvraient en tout ou partie ; l'érosion fit ensuite son œuvre et nous ne trouvons plus, à l'heure actuelle, qu'une frange de sédiments tertiaires plongeant périphériquement vers la mer. Mais les choses ne sont pas tout à fait aussi simples et il nous faut étudier de plus près la disposition des couches.

1. — Sud de la Nerthe de Carry à Carro.

Toutes les couches tertiaires de cette zone plongent non seulement au Sud, mais à l'Ouest ; et c'est ce plongement général Sud-Ouest qui a induit en erreur les premiers observateurs pour l'attribution des étages. Nous lisons en effet dans Fontannes et Depéret [78, p. 221] : « Il suffit de parcourir la côte dans cette direction (l'Ouest), pour voir se succéder d'une manière régulière les divers étages du Tertiaire qui composent cette formation ». Cette façon de voir est erronée.

La première cause d'inexactitude est l'attribution à « l'Helvétien » des couches situées entre Sausset et l'anse du Grand-Vallat. Ces couches, comme l'a clairement démontré M. Cottreau, sont aquitaniennes, mais ce qu'il nous faut mettre en évidence, c'est que cette situation anormale a une origine purement tectonique.

Il y a en effet, au niveau du Château Jules-Charles Roux, une faille que M. Denizot et nous-mêmes avons observée et qui décale l'Aquitaniens de plusieurs mètres par rapport au banc burdigalien à *O. crassissima* que surmonte en cet endroit un témoin de l'horizon 2 de Couronne à *P. Josslingi*. La faille traverse le parc du Château et se prolonge vers le Nord-Est, difficilement visible sous le village de Sausset, c'est par suite de cet accident que les couches aquitaniennes de la Station de Sausset se trouvent nettement surélevées par rapport au Burdigalien du rivage, l'ensemble plongeant au Sud-Ouest.

Il y a une autre faille à la calanque du Grand-Nid ; cet accident, moins important que le précédent, montre l'Aquitaniens à un niveau plus élevé que le Burdigalien dont il reste un petit lambeau signalé par M. Cottreau [39]. Ce petit lambeau ne se termine pas « en biseau », mais est

bel et bien redressé jusqu'à la verticale, contre des couches aquitaniennes qui portent des traces évidentes de frottement. La preuve qu'il y a bien eu faille, c'est le contact du Burdigalien supérieur avec l'Aquitanien supérieur, et non avec le Burdigalien inférieur dont M. Cottreau a trouvé des traces qui indiquent son laminage.

Au-dessous du petit lambeau burdigalien on retrouve, en allant vers l'Ouest, les couches aquitaniennes en ordre normal, plongeant à l'Est, l'ensemble nous donnant la coupe suivante :

Considérant ces couches aquitaniennes surélevées comme miocènes, nos prédécesseurs crurent les couches suivantes (au delà du Grand-Vallat) helvétiques, et ne remarquèrent pas, que, malgré quelques différences de faciès et de faune peu appréciables, c'était le même banc à *O. crassissima* de Sausset qui réapparaissait¹ à la faveur de ces petits accidents tectoniques.

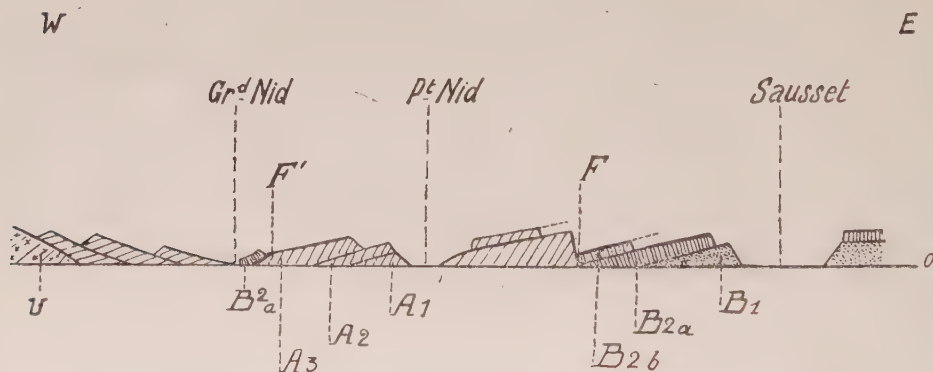


Fig. 6. — Coupe Ouest-Est du Grand-Vallat à Sausset d'après la carte de M. Cottreau et nos propres observations.

- B2b : Horizon moyen de Couronne.
- B2a : Horizon inférieur de Couronne.
- B1 : Burdigalien inférieur.
- A3 : Aquitanien supérieur.
- A2 : Aquitanien moyen.
- A1 : Aquitanien inférieur.
- U : Urgonien.

Car il y en a d'autres. Il y a une petite faille à Sainte-Croix qui, pour n'avoir qu'une amplitude assez faible, surélève à l'horizontale le plateau sur lequel est bâtie la chapelle, alors que le promontoire de Tamaris plonge nettement vers la mer. Enfin, une autre faille, plus importante, dans les couches de la rive Est de la calanque du Verdon, au niveau de

(1) GOURRET [103] crut qu'il y avait deux horizons à *O. crassissima*.

la plage, a pour effet de retarder momentanément le plongement des formations du Cap Couronne sous les flots.

Cela nous fait donc, le long de cette côte, quatre failles, toutes dirigées sensiblement Nord-Est—Sud-Ouest ; toutes ont pour effet de relever le Miocène et de retarder son plongement sous la mer. Et nous comprenons enfin que nous n'avons pas, en suivant cette côte, une longue série de

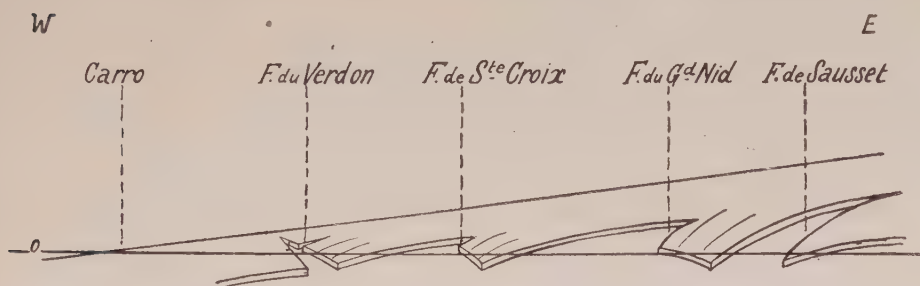


Fig. 7. — Schéma traduisant les mouvements subis par l'horizon inférieur de Couronne. L'ensemble plonge au Sud-Ouest mais de petites failles modifient localement l'inclinaison.

couches superposées, mais, de Carry au Verdon, les mêmes formations plongeant et reparaissant alternativement.

C'est ce qui explique, enfin, que le banc à *O. crassissima* de Sausset, qui se trouve à l'altitude de la mer au Plan de Sausset et à Sausset même avec un plongement Sud-Ouest, s'y trouve encore au Grand-Nid, disparaît sous les eaux au promontoire de Tamaris, se retrouve encore à Sainte-Croix et à Beaumadalier, plonge encore au Cap Couronne et se retrouve une dernière fois à Carro.

2. — Ouest de la Nerthe de Carro à Port-de-Bouc.

En cette région, le Miocène ne comprend que l'horizon 3 de Couronne, qui couvre de larges étendues du côté de Bonnieux et de Ponteau. C'est à cet horizon qu'appartiennent les îlots des Plâtrières et de Saint-Pierre. L'ensemble plonge normalement à la direction du rivage, c'est-à-dire vers le Sud-Ouest.

CHAPITRE II

RÉGION SITUÉE A L'OUEST DE L'ÉTANG DE BERRE

Les affleurements sont délimités sensiblement : au Sud, par l'étang de Caronte et le golfe de Fos, à l'Est, par l'étang de Berre et le méridien de Salon, au Nord, par la Touloubre et la ligne ferroviaire de Salon à Miramas, à l'Ouest, par les alluvions de la Crau sous lesquelles ils s'enfoncent. Ce qui fait, à notre avis, le très grand intérêt de cette région, par laquelle d'ailleurs nos études sur le terrain ont débuté, c'est, en plus de la remarquable continuité des couches et de leur richesse en fossiles, le fait que tous les étages du Miocène, à l'exception du Sarmato-Pontique, y sont représentés.

HISTORIQUE

Matheron [147, 149] ne voyait dans le Miocène que deux étages ou mieux deux faciès : le safre et la molasse. Il mettait sur le même plan « la molasse coquillière » d'Istres et celle de Sulauze.

Fontannes [79] rectifie en grande partie cette erreur, il différencie ces formations, mais l'obscurité nominale demeure : pour lui, tout est Helvétien.

Depéret [55], met enfin bon ordre à la classification, ne laissant subsister d'incertitude que pour deux localités : Port-de-Bouc et Saint-Mitre.

Nous avons dans la région, et de façon très nette, un double stade sédimentaire correspondant à deux approfondissements successifs de la mer miocène.

Le premier est le stade burdigalien, avec une phase de comblement, durant laquelle se déposent les sables inférieurs à *Chl. seniensis* et une phase de stabilité momentanée qui produit des dépôts de faible profondeur, mollasses si fossilifères dans toute la région, avec leurs bancs d'Huitres, de Pernes et de Pecten.

Le deuxième est le stade vindobonien. Il comprend d'abord une période de comblement où se forment les sables helvétiques, pauvres en fossiles, débutant par le faciès bathyal du Schlier. La submersion connut plusieurs phases comme en témoignent, à différentes hauteurs, des entablements de dépôts gréseux plus littoraux.

Le plus intéressant de ces entablements est celui sur lequel est bâtie la chapelle Saint-Étienne et qui se retrouve au même niveau dans tous les monticules qui dominent au Nord l'étang de l'Olivier. A cette période succède l'ennoyage d'une vaste région, et nous avons le faciès récifal tortonien avec ses grands bancs de *P. scabriusculus*, sur toutes les hauteurs avoisinantes.

Là s'arrêtent les dépôts, qui durent s'accumuler encore sur une grande épaisseur mais que l'érosion a fait disparaître totalement.

EXAMEN STRATIGRAPHIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE DE LA RÉGION

Burdigalien.

Le *Burdigalien inférieur* a été bien étudié par Depéret; il s'agit des formations de base que Fontannes appelait « sables à *P. ventilabrum* », mais dont il ne semble pas avoir bien étudié tout le développement. Nous indiquerons plus loin l'extension probable de ces dépôts qui forment « lentille ». Nous avons tracé les limites de leurs affleurements sur les plans directeurs au 1/10.000^e et nous en donnons une reproduction [cf. Pl. I].

Ils débutent, au Sud, dans la région du Plan-d'Aren et de Fos, et se perdent, à l'Ouest sous la Crau, au Nord sous les eaux des étangs de Berre et de l'Olivier; ils sont surtout développés en épaisseur sur les bords des étangs de l'Estomac et de Lavalduc, dans les environs de Saint-Mitre et au Caduraou.

Ils forment les couches sableuses des environs de Saint-Mitre que Fontannes [79, p. 20] a décrites sous le nom de « safre » comme étant helvétiques.

Le faciès est toujours à peu près le même, les sables gris-vert ou bleutés, sont parfois consolidés en grès friables, ou entrecoupés par endroits de petits lits de galets crétacés. On rencontre aussi quelques galets verts mais à l'état sporadique.

Au Nord de l'étang de Lavalduc, nous avons pu relever la coupe représentée à la fig. 8.

Chose curieuse, ces sables renferment certains gîtes fossilifères à faune très abondante sinon variée, et, dans leurs autres parties, sont absolument stériles. Les principaux gisements sont ceux de l'Estomac, de Lavalduc, de Saint-Mitre et de Caduraou. On y trouve : à l'Estomac, un banc

d'O. *Boblayi* en excellent état de conservation ; à Saint-Mitre et à Caduraou, une prodigieuse quantité de moules internes de lamellibranches : Venus, Panopées, Lucines, Arches, etc... ; aux environs de Lavalduc, de très nombreux Pecten. Là, nous avons pu recueillir :

Chl. disprosopa Font. sp.

Chl. pavonacea Font. sp.

Chl. seniensis Lamk. sp.

Chl. multistriata Poli. sp.

Flab. fraterculus Sow. sp. var. *avaticus*

Flab. Hermanseni Dunk. sp.

Toutes ces formes feront l'objet d'une étude spéciale dans notre Appendice.

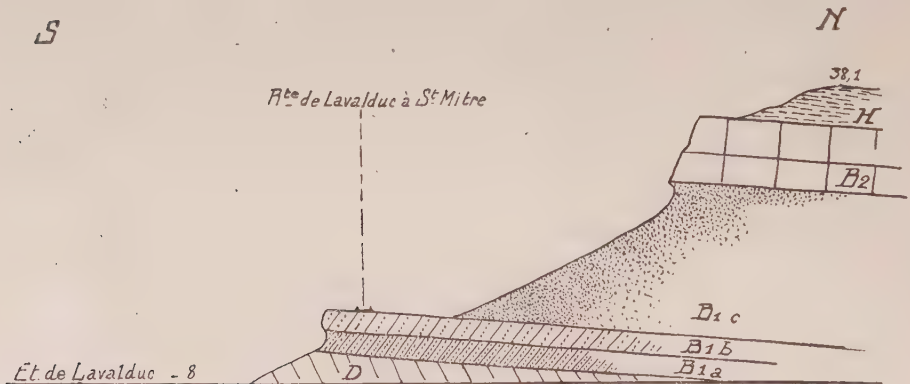


Fig. 8. — Coupe Nord-Sud de la rive Nord de l'étang de Lavalduc.

H.....	Sables gréseux helvétiques, 5 mètres.
B ²	Mollasse blanche à <i>Fl. Tournali</i> , 6 à 8 mètres.
B ¹ { c.....	Sables gris et jaunâtres à <i>P. ventilabrum</i> , 13 mètres.
b.....	Couche gréseuse avec quelques débris de fossiles, 1 mètre.
a.....	Couche mollassique à moules de gros pectoncles.
D.....	Argiles daniennes.

Le *Burdigalien supérieur* couvre de ses dépôts une bien plus grande étendue, on le trouve du Sud au Nord : de Port-de-Bouc à Istres. En de nombreux points, Fontannes nous a donné des coupes d'une rigoureuse exactitude, mais souvent erronées quand il s'est agi d'attribuer un âge aux différentes formations.

L'affleurement de Port-de-Bouc en particulier demande une étude spéciale.

Le Miocène couvre un large emplacement appelé « La Lecque » et sur lequel est bâtie l'usine Saint-Gobain. Cet affleurement a été décrit par Fontannes et Depéret [79], qui ont fort bien vu sur une coupe les

LIMITES MÉRIDIONALES DU BURDIGALIEN INFÉRIEUR



IR DANS LA RÉGION DE FOS-S'-MITRE



Étang

de

Barre

LÉGENDE



Burdigalien inf.



Burdigalien sup.



Helvétien

trois horizons de Couronne représentés. Nous avons contrôlé en effet, de bas en haut :

- 1° La couche à grosses huîtres.
- 2° La couche jaunâtre à moules de Turritelles et de bivalves.
- 3° La couche dure rosée et anfractueuse à *Clyp. intermedius*.

Dans les trois, *Flab. galloprovincialis* se rencontre en abondance. Mais, où les auteurs se sont trompés, c'est lorsqu'ils crurent voir dans l'assise supérieure, ce qu'ils appellent l'Helvétien supérieur, c'est-à-dire le Tortonien de Sulauze et de Miramas, à *P. scabriusculus*.

Nous avons étudié la question de près, et, si la stratigraphie de Couronne ne nous avait déjà pleinement convaincu de l'âge burdigalien de ces formations, celle de Port-de-Bouc nous enlèverait toute hésitation.

1° Raisons stratigraphiques :

Les couches de Port-de-Bouc se terminent en biseau sur les poudingues daniens, avec un léger plongement Sud-Ouest, à une altitude voisine de 0 ; or, à peu de distance au Nord, se trouvent les îlots miocènes de la Grand'Colle et du Pont-du-Roi, à une altitude de 40 mètres environ, et ces lambeaux, en dépit du plongement Sud-Ouest, représentent un niveau indiscutablement supérieur à celui des couches de Port-de-Bouc.

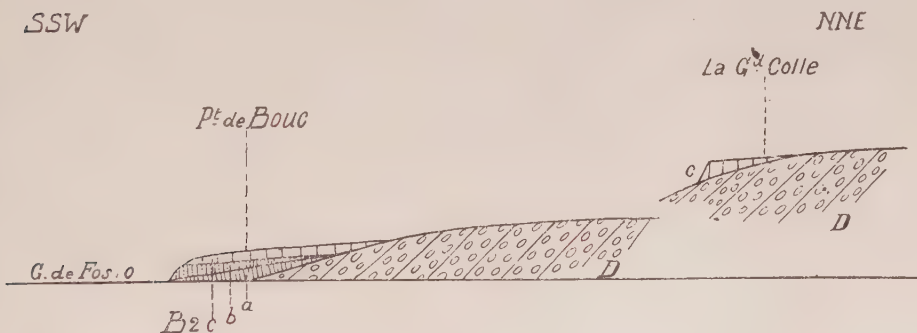


Fig. 9. — Coupes parallèles Sud-Sud-Ouest—Nord-Nord-Est, passant par les îlots de Port-de-Bouc et de la Grand'Colle, montrant le biseau formé par les horizons de Couronne (B2, a, b, c) et la transgression de l'horizon supérieur sur les poudingues daniens.

Mais ces petits lambeaux sont burdigaliens par leur faciès, que de nombreuses carrières montrent de façon évidente, et par leur faune qui contient *Flab. Tournali*.

Enfin, à titre de confirmation, tous ces dépôts reposent sur le même cordon de galets à patine verte, qui, sans avoir une valeur stratigraphique absolue, caractérise localement le début du Burdigalien supérieur.

2° Raisons paléontologiques :

a) *Flab. galloprovincialis* se trouve dans les trois horizons, il y est associé à *Flab. Tournali*.

b) Fontannes signale à Port-de-Bouc le *P. scabriusculus*. Depéret [79, p. 60] met en doute sa présence et, quant à nous, après l'avoir longuement cherché, nous n'avons trouvé qu'un Pecten, qu'il est assez difficile d'avoir en bon état, mais que nous connaissons bien pour l'avoir rencontré maintes fois à ce niveau. Au premier abord, il paraît avoir quelque analogie avec l'espèce tortonienne, mais il s'en distingue fort bien par des côtes subdivisées en costules très squameuses, qui ornent même les intervalles. Nous reparlerons de ce Pecten. Il n'est, à notre avis, que la forme plus développée, et localement terminale du rameau de *Chl. seniensis*, qui atteint son apogée au niveau sous-jacent : le Burdigalien inférieur.

c) *O. crassissima* que nous avons perdue de vue depuis Sausset, se retrouve ici associée à *O. Boblayi* et *O. squarrosa*, qui deviendront de plus en plus abondantes vers le Nord, dans des couches dont l'âge burdigalien ne fait de doute pour personne.

Au Nord de Port-de-Bouc :

La même formation affleure à la pointe de Beaumassais, forme les petits lambeaux dont nous venons de parler, et se développe largement, en plateaux qui dominent les étangs de l'Estomac, d'Engrenier, de Lavalduc et du Pourra. Ces plaques burdigaliennes se terminent autour des dépressions par des falaises blanchâtres très pittoresques, dont la faune a été amplement décrite par Fontannes. De larges bancs d'Huitres, un banc de Pernes au niveau de la chapelle Saint-Blaise, dans une prodigieuse accumulation de débris de coquilles de mollusques, d'algues calcaires, de radioles d'oursins, entrecoupée de quelques lits sableux : ainsi se présente la coupe de ces falaises ; un Pecten y domine nettement, c'est *Flab. Tournali*.

Vers l'Ouest :

M. Denizot a reconnu un affleurement miocène non figuré sur la carte à la pointe Saint-Gervais ; la présence de *Flab. Tournali* nous le fait attribuer au Burdigalien supérieur ; c'est sur cette même formation qu'est bâtie la partie basse du village de Fos.

Vers l'Est :

Ce sont des entablements de même âge, de même faune et de même faciès qui couronnent la série de buttes d'argile danienne qui entourent Saint-Mitre ; cette couche supporte le village lui-même.

Au Nord de Saint-Mitre :

Nous retrouvons le même niveau sous forme de petits plateaux surmontant des monticules de sables du Burdigalien inférieur, dans la région des Emplaniers et de la Pinède.

Vers Rassuen, la même formation remplie de *P. præscabriusculus*,

s'étale largement de la Crau à l'étang de Berre, qu'elle borde de ses falaises ; elle supporte la partie basse de la ville d'Istres, et disparaît enfin, réduite à un banc d'Huitres et à un banc de quelques décimètres de « mollasse à *Lithothamnium* », sous les eaux de l'étang de Berre et de l'étang de l'Olivier.

Helvétien.

Cet étage, pris au sens que nous avons dit précédemment [cf. p. 24], apparaît au *Sud-Est* de notre région sur les hauteurs de Saint-Mitre. Ce sont des lambeaux-témoins réduits à l'épaisseur de 2 ou 3 mètres. Le lambeau le plus oriental se trouve sur le petit plateau du Lèbre, à la côte 141 des plans directeurs au 1/10.000^e.

Le plongement général au Nord et à l'Ouest des couches de la région a fait respecter par l'érosion des épaisseurs de plus en plus grandes d'Helvétien dans ces deux directions.

Vers le Sud-Ouest, cette formation supporte l'église, le cimetière et le haut village de Fos, avec un développement d'une quinzaine de mètres. Elle acquiert plus de puissance à Plan-d'Aren, et au Mazet, et surtout entre l'étang de l'Estomac et celui d'Engrenier. Ce sont des grès coquillers facilement reconnaissables à leur couleur rousse, alternant avec des bancs de sable de couleur typique, c'est ce que Fontannes appelle d'après le terme des habitants « le système du safre ». Ce système est caractérisé, si l'on peut dire, par l'absence de fossiles ; quelques débris de *Pecten* indéterminables, des *Balanes*, quelques fragments d'*Amphiope*s, sont les seuls échantillons qu'il soit possible de recueillir.

Vers le Nord :

Le plongement Nord-Nord-Ouest étant plus accentué, les dépôts helvétiques augmentent en épaisseur et atteignent jusqu'à une centaine de mètres. La formation débute par des argiles bleuâtres micacées au faciès typique, dont nos prédécesseurs ont bien montré les analogies avec le « Schlier » du Bassin de Vienne. Ce niveau est pauvre en fossiles puisque l'on n'y trouve, et encore rarement, que quelques débris d'*Echinides*. Au-dessus de ce dépôt, s'étagent des alternances de sables plus ou moins argileux, alimentant quelques tuileries sur les bords de l'étang de l'Olivier, et de mollasse gréseuse avec débris de fossiles, formant des entablements. On y trouve, à l'état de débris, des *Scutelles* et des *Amphiope*s.

A la chapelle Saint-Léger, près de Saint-Chamas, on distingue pourtant dans ces sables, un banc d'Huitres de quelques décimètres d'épaisseur, avec des débris de *Pecten* du type *multistriatus*.

Dans toute la région de Grans et de Cornillon, les sables helvétiques largement entaillés par la vallée de la Touloubre, ont un beau développe-

ment, mais sont toujours aussi pauvres en fossiles. Ce qui fait le très grand intérêt de cette formation, c'est qu'elle est transgressive sur le crétacé érodé en pénéplaine de la chaîne de la Fare [cf. Pl. V, 2, VI, 1], elle correspond à une dépression des terrains secondaires dont nous reparlerons [cf. p. 131]. A mesure que l'on s'avance vers l'Est, ce dépôt « de remplissage » diminue d'épaisseur jusqu'au moment où les sédiments du Tortonien seront à leur tour transgressifs comme cela est visible sur le schéma d'ensemble de la fig. 1 [p. 29].

Tortonien.

Cet étage, que nous rencontrons pour la première fois dans notre description, débute à une altitude d'une centaine de mètres, par un entablement de mollasse rousse plus ou moins gréseuse qui couronne les mamelons dominant au Nord l'étang de l'Olivier [cf. Pl. II].

Ce niveau est caractérisé dès son début par *P. scabriusculus* qui se retrouve en bancs épais à Sulauze, Souabe, au cimetière de Miramas et en d'autres points.

Ce Tortonien n'atteint pas dans cette région une très grande épaisseur, nous n'y trouvons pas trace des argiles bleues de Cabrières d'Aigues, ni des couches à *O. crassissima* de la Touloubre. L'érosion a fait son œuvre, et nous n'avons plus qu'une simple plaque qui recouvre les sables helvétiques, les laissant apparaître par endroits dans les coupes naturelles que présentent les vallées. Cette plaque peu inclinée correspond parfaitement par son faciès et sa faune au faciès récifal, comme l'appelle Depéret, qui, relevé presque à la verticale, domine Vaugines et Cucuron.

Ce niveau est exploité en carrières dans les environs de Miramas et de Grans. Près de ces localités, le plongement Nord le fait disparaître sous la nappe alluviale de la Crau.

ÉTUDE TECTONIQUE DE LA RÉGION

Les affleurements miocènes ont été soulevés par des mouvements très doux ; si l'on excepte la cassure qui livra passage à la Touloubre, de Repentance à Cornillon, on n'y trouve pas d'accidents notables. La région présente dans son ensemble la forme d'un anticlinal à grand rayon de courbure, dirigé Nord-Est—Sud-Ouest, dont l'axe passe par l'îlot de Lèbre à la cote 141, la cote 114, la Barre d'Athénoux à environ 50 mètres, les hauteurs de l'Estomac à 15 mètres, l'extrémité Nord du village de Fos à 12 mètres, ces altitudes étant prises à la base des dépôts miocènes. Une coupe Nord-Sud nous montrera plus loin [cf. fig. 26] le Burdigalien

SUPERPOSITION DU TORTONIEN A L'HELVÉTIEN AU NORD DE L'ÉTANG DE L'OLIVIER



à la cote 0 à Port-de-Bouc et à Istres, après avoir passé par l'altitude d'une cinquantaine de mètres, à Plan-d'Aren ; il y a donc une voussure bien nette. La dépression du Nord est comblée par les dépôts helvétiques et tortoniens, par les alluvions de la Crau et de la Touloubre ; celle du Sud est occupée par l'étang de Caronte, le golfe de Fos et les puissantes formations helvétiques qui dominent l'Estomac. Nous faisons bien entendu abstraction de petites ondulations locales dont l'amplitude est insignifiante.

Mais il y a plus, comme on a pu le constater par les altitudes précitées : l'ensemble a subi un mouvement de bascule vers l'Ouest ; ce plongement peu accentué, puisqu'il est de 128 mètres pour 8 kilomètres, soit 1,60 %, donne au paysage des environs de Saint-Mitre, vu de Croix-Sainte, une allure caractéristique.

Une particularité locale est à signaler : non loin de la station de Fos, les couches miocènes participent à l'affaissement général de la région, et se trouvent au-dessous du niveau de la mer.

CHAPITRE III

LA CRAU

HISTORIQUE

Géologiquement récente, cette immense plaine alluviale, couverte de galets arrondis, a de tout temps suscité la curiosité des hommes, qui lui attribuèrent d'abord une origine mythologique.

Au ^{xvii}^e siècle, Lamanon écrivait : « Il ne faut que quelques minutes au lait pour se cailler, pourquoi un ou deux jours ne suffiraient-ils pas pour cailler un caillou ? »

Cependant, avec Coquand [34], à qui d'ailleurs nous devons cette curieuse citation, commencent les études stratigraphiques proprement dites sur la région ; son mémoire, certes, est entaché d'erreurs, mais le pas décisif vers les explications rationnelles est franchi. Fontannes [82], Collot [30] puis David Martin [143] modifient progressivement nos conceptions, et enfin, M. Repelin [171, 172] met la question au point : la Crau est un dépôt plus complexe qu'il n'a jusqu'ici paru ; à sa formation ont participé des sédiments pliocènes et quaternaires d'origine durancienne et rhodanienne.

Mais ce n'est pas la constitution de la Crau qui fit l'objet de nos recherches, c'est la nature de son substratum et, sur ce point, elle est encore moins connue.

Matheron, sur sa « Carte géologique du Département des Bouches-du-Rhône », figure dans la Crau un lambeau de « mollasse coquillière ». Fontannes note le plongement sous la Crau des affleurements miocènes de la région de l'étang de Berre, et figure sur la Feuille d'Arles plusieurs flots de cet étage, dans les environs d'Entressen et de la Croix-de-Crau. Collot constate que le Miocène plonge sous les alluvions dans la région de Mouriès et d'Aurville. M. Repelin [172] signale à Entressen et à Beauregard la présence du Miocène supérieur d'eau douce. Enfin, à Saint-Martin-de-Crau, un sondage révèle sous la nappe alluviale, un dépôt de plus de 100 mètres d'argiles plaisanciennes.

VUE D'ENSEMBLE

Au premier coup d'œil sur la Feuille d'Arles, on ne peut comprendre pourquoi nous faisons de la Crau l'objet d'un chapitre.

Cette vaste surface ne présente pas le moindre accident de terrain et ses affleurements miocènes sont très réduits. Néanmoins, la Crau fut pour nous l'objet d'une grande attention et le sujet d'observations fructueuses.

Cette formation a, en effet, un pourtour miocène et aussi un substratum miocène. Ayant grossièrement la forme d'un triangle dont le sommet serait à Lamanon, et la bissectrice dirigée Nord-Est—Sud-Ouest, nous lui distinguerons un côté Nord, et un côté Sud-Est, la base correspondant au Grand-Rhône ou mieux au canal d'Arles à Port-de-Bouc.

OBSERVATIONS STRATIGRAPHIQUES

1° Côté Nord :

Il correspond à la bordure méridionale des Alpines. D'Arles à Lamanon, peut-on dire, c'est une bande presque continue de sédiments miocènes d'âge helvétien et tortonien. Ces dépôts s'enfoncent sous la Crau avec un plongement Sud, parfois très accentué, à Aureille par exemple ; mais il n'y a nulle part trace de Burdigalien.

Helvétien.

Il affleure dans les coupes naturelles que nous fournissent les rives méridionales des marais de Saint-Clair, et des Baux, prolongées par le Gaudre-d'Aureille ; on y voit des sables jaunes, sans fossiles, plongeant plus ou moins fortement sous la Crau, ils sont particulièrement bien développés au niveau du Château de Beauregard.

Tortonien.

Au-dessus de ces couches helvétiques se voient les seuls affleurements tortoniens de la région qui nous occupe. On peut suivre un banc fossilifère, caractérisé par *Chl. scabriuscula* et *Chl. multistriata*, d'Aureille à la dépression du Mas de l'Annelier, où il est transgressif sur l'Hauterivien. On retrouve ce même banc, avec les mêmes fossiles, sous forme d'un

petit lambeau, au Grand-Barbegal, transgressif sur le calcaire à *Lychnus* du Garumnien.

Sarmato-Pontique.

Dans la coupe naturelle du Château de Beauregard, M. Repelin [172] a signalé un calcaire travertineux de couleur rosée qui, supérieur aux couches à *P. scabriusculus*, ne saurait être attribué qu'au Miocène supérieur.

2° Côté Sud-Est :

De Fos à Lamanon, nous trouvons des dépôts miocènes qui s'enfoncent sous la Crau en pente douce dans la direction Nord-Ouest ; c'est d'abord le Burdigalien de Fos à Istres, puis l'Helvétien, et enfin le Tortonien, de Souabe à Lamanon. Que ces dépôts à plongements convergents se rejoignent sous la Crau, Collot [31] l'affirmait déjà en 1912, et cela n'a jamais fait de doute pour nous.

3° Partie médiane :

Il nous restait à déterminer l'âge des affleurements médians de la Crau. Nous les avons explorés méticuleusement, et notre carte en rectifie quelque peu les contours. Nous y avons recueilli de nombreux échantillons de *P. scabriusculus*, ce qui indique immédiatement leur âge tortonien. A la Carougnade, marquée sur la carte sous le nom de Bergerie d'Archambaud, ce Pecten se rencontre, formant un véritable banc, dans une mollasse très dure creusée par des carrières. Le fait de leur exploitation donne à presque tous ces petits lambeaux un aspect très particulier, qui en rend la découverte souvent difficile. Dans ce pays uniformément plat, les rares habitants n'ont pu trouver de matériaux de construction qu'en creusant le sol, là où apparaissait la mollasse, de sorte que les affleurements se présentent généralement « en creux ». Ces dépressions aux parois taillées, deviennent de petits étangs pendant les pluies, assez rares du reste.

Le Sarmato-Pontique est représenté dans la Crau par les argiles dans lesquelles s'est formé l'étang d'Entressen. Elles sont assez plastiques, bariolées de gris et de rose ; malgré l'absence de fossiles, leur position stratigraphique et l'analogie de faciès avec celles d'Aix, les fait ranger sans hésitation dans cet étage.

OBSERVATIONS TECTONIQUES

L'âge des affleurements de la Crau déterminé, il nous fallait trouver les raisons de leur apparition, que rien, à première vue, ne semblait justifier. Comment, en effet, deux plongements convergents qui doivent normale-

ment aboutir à un axe synclinal, pourraient-ils avoir pour résultat une surrection de leurs dépôts suivant cet axe ?

Une première hypothèse se présentait à l'esprit : il y avait peut-être correspondance entre les couches des lambeaux et celles de la périphérie dans leur partie supérieure. Nous aurions eu, dans ce cas, une double vallée d'érosion entourant les flots. Or, du côté Nord, cette hypothèse était immédiatement contredite par les plongements de bordure trop accentués, et ceux des lambeaux correspondants de la Crau dirigés nettement vers le Nord et le Nord-Ouest.

Du côté Sud-Est, la question paraissait plus difficile à trancher, à cause de la faiblesse des plongements et de l'épaisseur relativement grande des dépôts tortoniens de bordure.

Cependant, une coupe dans le sens du plongement, c'est-à-dire Nord-Ouest—Sud-Est, passant par la Bergerie d'Archambaud, Sulauze, la chapelle Saint-Étienne et l'étang de Berre, nous montra que le plongement de l'étage tortonien, plongement de 2° à 3°, prolongé par un pointillé sous la Crau, nous amenait à 350 mètres environ au-dessous de la Bergerie d'Archambaud.

On ne peut vraisemblablement accorder à l'étage tortonien une telle épaisseur ; d'autant moins que, dans toute la Basse-Provence, cet étage débute par un faciès « récifal », comme l'appelle Depéret [55], dans lequel semble localisé *P. scabriusculus* ; or, ce faciès, soit dans la Feuille d'Arles, soit dans la Feuille d'Aix, soit à Cucuron qui en a fourni le type, n'a jamais une épaisseur supérieure à une quarantaine de mètres, et tous les affleurements de la Crau appartiennent à ce niveau avec *P. scabriusculus*.

Il faut donc qu'un mouvement tectonique ait fait apparaître les couches tortoniennes au milieu de la Crau ; de plus, cet accident est lié au fait que le Burdigalien n'a pas recouvert la Crau. Nous reviendrons sur ces faits dans la troisième partie de notre travail.

CHAPITRE IV

LES ALPINES ET LE DÉFENDS

Cet anticlinal formé de terrains crétacés, s'allonge dans une direction sensiblement Est-Ouest ; il forme une région naturelle parfaitement délimitée, au Sud, par la Crau, à l'Est, par le Rhône, à l'Ouest, par le détroit de Lamanon et la route de Salon au Plan-d'Orgon qui emprunte ce passage. Au Nord, les couches crétacées s'enfoncent sous les alluvions récentes du Rhône et de la Durance. Si l'on voulait assigner une limite à notre région dans cette direction, on pourrait prendre la Route Nationale de Tarascon au Plan-d'Orgon, utilisant la dépression qui sépare, à Saint-Rémy, les Alpines de la Petite-Crau.

HISTORIQUE

Cette pittoresque petite chaîne de montagne a été de tout temps célèbre par ses carrières de mollasses miocènes.

La « pierre de Saint-Rémy » notamment, est connue par sa dureté exceptionnelle. La « pierre des Baux », de texture bien moins résistante, exploitée encore à l'heure actuelle, a servi non seulement à construire le village historique des Baux, mais encore fut creusée en habitations de troglodytes, depuis une antiquité qui, très probablement, remonte au delà des limites de l'histoire. Plus tard, c'est encore dans le Miocène que furent creusés les souterrains de la célèbre abbaye de Montmajour, et les tombeaux qui entourent la chapelle de Sainte-Croix.

Tel est, si l'on peut dire, le rôle historique qu'a joué le Miocène dans cette région, mais par contre, il ne fut scientifiquement étudié qu'assez tard.

Coquand et Matheron mentionnent dans leurs descriptions les affleurements de Fontvieille, des Baux ou de Saint-Rémy, sans d'ailleurs préciser leur niveau qu'ils croient être le même que celui des carrières de Rognes ou du Tholonet. Fontannes et Collot parlent incidemment de ces mêmes localités. Il nous faut en réalité arriver à Pellat [157, 158, 160] pour trou-

ver un observateur attentif des particularités locales de ces terrains. Il y conduisit à deux reprises la Société Géologique, en d'intéressantes excursions, et nous en donna de remarquables comptes rendus. M. Joleaud, dans son ouvrage sur le Comtat [115] ne nous décrit que la bordure septentrionale des Alpines, assez sommairement d'ailleurs, cette chaîne n'étant que limitrophe de la région qui fit l'objet de ses études.

VUE D'ENSEMBLE

La Chaîne des Alpines a-t-elle été entièrement immergée durant le Miocène ? Nous donnerons plus loin réponse à cette question.

Ce qui est évident, c'est que son extrémité occidentale le fut. Des Baux à Saint-Rémy, en passant par le Mont-Paon, le Mont-Valence, Vicary et Saint-Étienne-de-Grès, les affleurements sont presque continus sur la bordure de la chaîne, et leur plongement périphérique semble bien indiquer un recouvrement de toute cette zone, par le Burdigalien auquel ils appartiennent. Une coupe théorique de Saint-Rémy au Grand-Barbégat nous montrera la répartition des différents étages, leurs transgressions et leur importance relative.

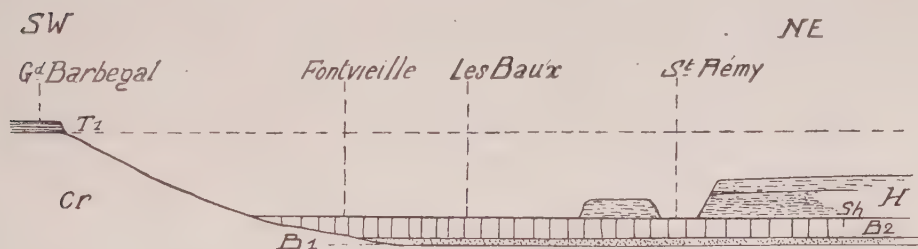


Fig. 10. — Coupe théorique Nord-Est—Sud-Ouest de Saint-Rémy au Grand-Barbégat avant les mouvements post-miocènes.

T1 : Tortonien inférieur à *P. scabriusculus*.

H : Helvétien.

Sh : Schlier.

B2 : Burdigalien supérieur.

B1 : Burdigalien inférieur.

cr : Crétacé.

Cette reconstitution montre clairement une transgression progressive vers le Sud, tandis que vers le Nord on rencontre un développement vertical de plus en plus considérable de tous les étages miocènes.

EXAMEN STRATIGRAPHIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE DE CES COUCHES

Burdigalien.

Le *Burdigalien inférieur*, qui sera si largement représenté dans la Vallée du Rhône, où il débute par le classique conglomérat à éléments à patine verte, est peu développé dans les Alpes et, de moins en moins, vers le Sud.

A Saint-Rémy, Pellat [160] le signale ainsi que M. Joleaud [115], peu épais, entrecoupé de poudingues, avec *Chl. Davidi*. Au Défends, à l'extrémité Est de la chaîne, le Burdigalien supérieur à *Lithothamnium* est supporté par un conglomérat d'au moins deux mètres d'épaisseur, par endroits bréchoïde, contenant des éléments très variés quant à la nature et au volume, dont beaucoup sont des cailloux de matériel secondaire. L'importance de cette formation et la présence, au milieu des galets à patine verte, d'éléments empruntés au substratum, indiquent un rivage prochain. Déjà peu épais sur le flanc septentrional des Alpes, le Burdigalien inférieur disparaît complètement dans la partie occidentale de la chaîne. A Montmajour et au Castelet, le Burdigalien supérieur à *P. præscabriusculus*, débute directement sur l'Oligocène.

Le *Burdigalien supérieur* est le principal représentant du Miocène dans les Alpes. Ce sont ses affleurements, par endroits épais d'une cinquantaine de mètres, qui supportent les villages des Baux et de Fontvieille, où ils sont entaillés par de multiples carrières.

Le faciès varie peu, il s'agit d'une mollasse souvent très tendre, d'un blanc éclatant; les débris organiques y sont presque pulvérisés et les fossiles rares. Collot [31, p. 51] signale à Fontvieille : *P. præscabriusculus*, *P. restitutus*, *Cidaris avenionensis*, *Euspatagus* et des Bryozoaires. Nous avons recueilli aux Baux, en abondance : *Chl. præscabriuscula* et *Flab. latissimus* Broc. var. *restitutus* Font.

Au Castelet, une carrière nous a fourni la coupe suivante :

- 1° Calcaire néocomien plongeant fortement vers le Sud.
- 2° Banc grésocalcaire verdâtre, littéralement pétri de *P. præscabriusculus*, 50 centimètres.
- 3° Petit poudingue local très dur à éléments moyens d'origine crétacée.
- 4° Mollasse de Fontvieille.

C'est le Burdigalien supérieur qui forme les îlots de Montmajour et de Cordes, les lambeaux plaqués contre les pentes Sud-Ouest de la chaîne et ceux qui reposent sur l'Hauterivien dans la région de Saint-Étienne-de-Grès. C'est encore le Burdigalien supérieur qu'entaillent les carrières de Saint-

Rémy ; c'est lui qui forme les petits lambeaux des environs de Roque-martine et le dôme éclaté du Défends.

Dans cette dernière région, le faciès n'est plus celui de Fontvieille ; on a affaire à un calcaire en plaquettes, formé d'algues blanches et de débris de coquilles empâtés dans un grès très grossier et de teinte parfois verdâtre. On n'y trouve que des débris de *Pecten* indéterminables.

Helvétien.

Complètement érodé dans la partie occidentale de la chaîne, l'étage se retrouve à Saint-Rémy, où il débute par les argiles bleuâtres à faciès schlier. Ce faciès, qui indique une certaine profondeur, augmentera en épaisseur en remontant le Rhône, mais au Sud, il ne franchit pas les Alpes.

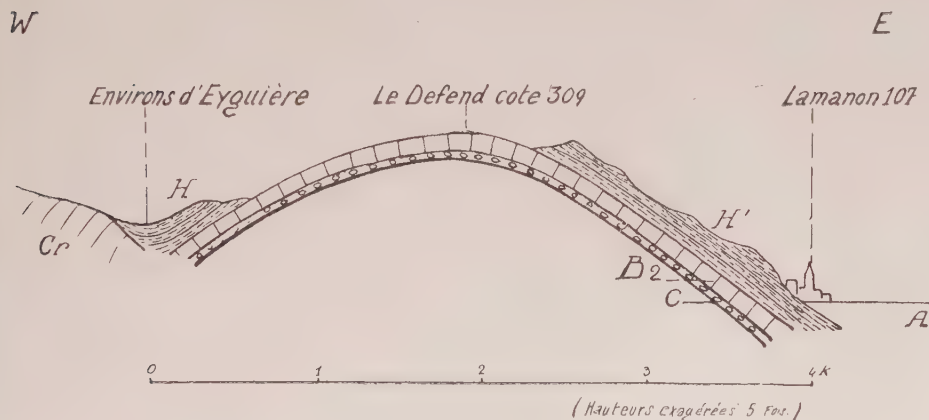


Fig. 11. — Coupe Ouest-Est d'Eyguières à Lamanon.

- H : Helvétien.
- B2 : Burdigalien supérieur.
- C : Conglomérat représentant le Burdigalien inférieur.
- A : Alluvions récentes.
- cr : Crétacé.

Au-dessus, s'étagent des sables jaunes, fossilifères dans le Vaucluse, où ils semblent caractérisés par *P. Gentoni*.

Au Défends, l'Helvétien présente une épaisseur assez considérable de sables gréseux jaunâtres, sans fossiles, étrangement découpés par l'érosion. Au-dessus du village de Lamanon, c'est cette formation qui supporte

les ruines du château médiéval. Elle est criblée de grottes, en partie creusées de main d'homme, appelées dans le pays « les grottes de Calès ».

Nous retrouvons les mêmes sables à la Fontaine Saint-Depis et vers Eyguières, formant un véritable bourrelet autour du dôme burdigalien du Défends, l'érosion explique naturellement cet état de chose.

ÉTUDE TECTONIQUE DE LA RÉGION

Les mouvements post-miocènes y furent très accusés. On peut en juger en rapprochant le schéma théorique qui montre l'extension et l'épaisseur comparative des différents étages miocènes (fig. 10) et une coupe, dirigée sensiblement Nord-Est—Sud-Ouest, de Saint-Rémy au Grand-Barbégail, qui fournit la disposition actuelle.

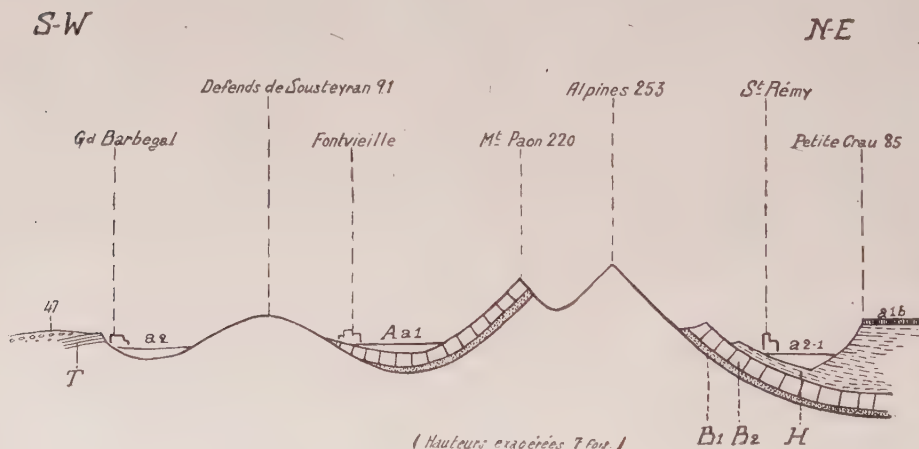


Fig. 12. — Coupe Nord-Est—Sud-Ouest de Saint-Rémy au Grand-Barbégail.

T : Tortonien inférieur à *P. scabriusculus*.

H : Helvétien.

B2 : Burdigalien supérieur.

B1 : Burdigalien inférieur.

Les dépôts quaternaires *a2*, *Aa1*, *a2-1*, *a1b*, sont annotés d'après la légende des feuilles d'Arles et d'Avignon.

L'aspect un peu complexe de cette coupe est dû à ce que la Chaîne des Alpines n'a pas un axe simple ; elle a grossièrement la forme d'une fourche dont la bifurcation vers l'Ouest serait près de Maussane.

La branche Nord de la Fourche serait la fin de la chaîne proprement dite, et la branche Sud-Ouest, marquée par un axe crétacé inférieur presque

continu, irait des rochers d'Entreconque au Castelet par le Défends de Sousteyran.

Ces axes orogéniques furent recouverts par les eaux de la mer miocène, et en reçurent les dépôts. Mais dans les mouvements qui suivirent, l'axe général, le « manche » de la fourche, et sa branche Nord furent décalés positivement par rapport à la branche Sud, ce qui explique la différence d'altitude entre les Baux et Fontvieille. Ce décalage fut accidenté d'une faille qui intéressa la branche Nord de la fourche, et le manche, jusqu'au méridien d'Eyguières. La faille qui se produisit avant le Miocène, joua encore après son dépôt, comme cela se voit à l'extrémité occidentale de la chaîne. Elle a donc obligatoirement intéressé le Burdigalien des Baux, et la Feuille d'Avignon est erronée sur ce point.

En définitive, par inversion des reliefs, ce sont les zones les plus profondément immergées qui se trouvent actuellement aux plus grandes hauteurs. La région des Baux, qui devait être à une certaine profondeur sous la mer burdigalienne, va se trouver portée à une altitude de près de 300 mètres, tandis que la région du Barbegal et de la Crau, qui à ce moment émergeaient, sont maintenant en contrebas de 250 mètres.

En conclusion, il n'y a pas eu en cette région de plissements post-miocènes, mais un soulèvement général des fonds sous-marins, avec affaissement de certains compartiments, cet affaissement pouvant aller, comme à Aureille par exemple, jusqu'à une rupture par faille. Lorsque le soulèvement se fit, les dépôts les plus éloignés des centres d'affaissement subirent seulement un mouvement ascensionnel, vertical en l'espèce. C'est le cas des affleurements des Baux, qui, près de l'axe de la chaîne, sont restés sensiblement horizontaux. Les dépôts les plus rapprochés des compartiments affaissés plongèrent dans leur sens avec une inclinaison variable. C'est le cas des lambeaux d'Aureille et de la bordure méridionale du Défends.

CHAPITRE V

LA CHAÎNE DES COSTES

Sous ce nom, habituellement réservé à la chaîne de collines boisées qui court au Nord de Lambesc et qui porte sur ses pentes méridionales le petit hameau des Costes, nous comprenons une région beaucoup plus vaste. Moins bien délimitée topographiquement que les précédentes, elle peut être sensiblement circonscrite ainsi : au Nord par le canal de Cra-ponne, depuis Lamanon jusqu'à la Roque d'Antheron ; au Nord-Est par le canal de Marseille, depuis Saint-Christophe jusqu'au Puy-Sainte-Réparate ; à l'Ouest par la Crau ; enfin au Sud par la Touloubre et le ruisseau de Concernade. Ne se trouve en dehors de ce périmètre, que le petit lambeau miocène de Saint-Jean-de-Brenasse, au Sud de Pélissane ; nous le comprendrons néanmoins dans ce chapitre.

HISTORIQUE

S'il est une région qui fut peu étudiée au point de vue géologique, c'est bien celle-ci. Intéressante au plus haut point pour l'archéologue, elle ne présente pas de gîte fossilifère spécialement riche, ni les accidents tectoniques qui suscitent la curiosité des chercheurs. Seules les carrières de Rognes, qui entaillent le Tortonien depuis les temps les plus reculés, furent remarquées des premiers géologues, intéressés peut-être à l'excès par les applications pratiques de la Géologie. C'est ainsi qu'en lisant Coquand et Matheron, on a l'impression très nette que ces deux géologues ne connurent le Miocène que par ses carrières. Ils le subdivisèrent en deux parties : la mollasse exploitable en carrières et le safre ; dans la première subdivision ils rangèrent la pierre de Rognes, qui d'ailleurs avoisinait la pierre des Baux.

Fontannes [73] prolonge l'une de ses coupes du Luberon jusqu'à Rognes, où il mentionne les couches à *P. prascabriusculus*, erreur qui fut

rectifiée par Collot [31]. C'est à ce dernier géologue que nous devons en définitive tout ce que nous savons sur la région.

Les environs d'Aix, dans sa thèse de 1880 [22], s'arrêtaient sensiblement à la Trévaresse. Il étendit ses recherches, pendant six ans encore, dans le reste de la Feuille d'Aix, dont il fit les tracés pour le Tertiaire. Enfin, en 1912, parut dans le *Bulletin de la Société Géologique de France*, le « Miocène des Bouches-du-Rhône » [31], note d'une cinquantaine de pages, qui donne une série de coupes locales, très bien observées au point de vue tectonique et paléontologique, mais fournissant peu d'indications sur la répartition des différents étages miocènes, et sur les mouvements d'ensemble de la région.

VUE D'ENSEMBLE

Dans la région que nous venons de circonscrire, le Miocène occupe une vaste superficie. C'est d'abord une bande longue d'une vingtaine de kilomètres, de Salon à Rognes; elle longe l'axe de la chaîne des Costes proprement dite, et atteint 4 ou 5 kilomètres de largeur dans les environs de Rognes.

Ce sont ensuite les dépôts miocènes qui couvrent les hauteurs de Sainte-Croix-de-Salon, de Vernègues et du Défends d'Alleins, puis s'étalent dans la dépression des Taillades et parsèment enfin les points culminants de la chaîne.

Dans ces vastes affleurements, annotés m^3 sur la Feuille d'Aix, nous retrouverons les trois étages du Miocène marin et nous subdiviserons même le Burdigalien en deux sous-étages. Enfin le Miocène supérieur, annoté m^4 , est représenté par quelques lambeaux assez importants dans les environs de Lambesc. Nous y figurons, sur notre carte, avec deux teintes différentes, le faciès calcaire à *Helix Christoli* et le faciès des limons rouges à *Hipparion*.

C'est dans cette région que, pour la dernière fois, nous aurons à décrire des dépôts burdigaliens. La transgression helvétique, que nous avons vue commencer vers l'Est sur les bords de l'étang de Berre, près de Saint-Chamas, va maintenant se manifester vers le Sud-Est.

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE

Burdigalien inférieur.

Le sous-étage est très faiblement représenté. Ses dépôts se sont formés dans le fond d'un golfe étroit, orienté Nord-Est Sud-Ouest, de la Roque

d'Antheron à Château-Bas près Vernègues, dans lequel les courants marins accumulèrent des sables verts assez grossiers, pas autant toutefois que ceux de Saint-Paul-Trois-Châteaux. L'épaisseur du dépôt n'est pas considérable, 20 à 25 mètres au plus ; il ne dut pas se former en eau profonde, car le faciès est caractérisé par une extrême abondance d'algues calcaires dont la couleur blanche contraste avec le vert des sables qui les amalgame. Il est bordé par un poudingue assez important composé d'éléments arrachés au substratum d'âge secondaire. C'est surtout dans ce poudingue, à pâte sableuse et friable, que se trouvent les fossiles, d'ailleurs souvent réduits en débris, comme il faut s'y attendre dans un dépôt détritique. Nous avons pu y recueillir :

Chl. Davidi Font., *Chl. pavonacea* Font., *Flab. Tournali* de Serres, des côtes d'*Halitherium*, des Ostréidés et des Échinides indéterminables.

Toute cette faune, si clairement burdigalienne inférieure, se rencontre en un seul gisement. L'affleurement n'est pas marqué sur la Feuille d'Aix et se trouve au bord de la Route Nationale n° 7 du côté Est, entre Libran et les Taillades.

Burdigalien supérieur.

Au-dessus du niveau précédent se déposèrent les calcaires blancs à *P. præscabriusculus*.



Fig. 13. — La plaine de Cèze, vue de l'Est, montre le biseau burdigalien sur le Néocomien redressé.

Le passage d'un horizon à l'autre est la plupart du temps insensible, les sables verts qui contenaient en abondance des algues calcaires, se chargent de plus en plus de débris organiques blanchâtres, principalement de fragments de test de mollusques ou d'échinides. En même temps que la

couleur s'éclaircit, la consistance augmente ; et nous avons bientôt la belle pierre blanche exploitée aux Taillades. Cette roche est assez tendre, à grain fin, très pauvre en fossiles ; nous n'y avons recueilli que des débris de *Pecten* ; les carriers affirment y trouver des dents de poissons.

Vers l'Est appartiennent à ce niveau les îlots dits par Collot, du Castellas et de Binet. Ce dernier est connu dans le pays sous le nom de plaine de Cèze ; il est formé de calcaire blanc à *P. præscabriusculus*, et repose sur le poudingue du niveau inférieur. Il renferme une faune caractéristique : *Chl. præscabriuscula*, *Fl. latissimus*, *Perna soldani*, *Lithothamnium*, avec des Ostréidés et des Échinides indéterminables. Les Pernes sont particulièrement abondantes, et forment, chose que nous n'avons vu, ailleurs, qu'à Lavaldué, un véritable banc.

Les couches burdigaliennes de cet îlot, beaucoup plus épaisses du côté Nord que du côté Sud, forment biseau, confirmant ainsi la transgression vers le Sud-Est dont nous reparlerons.

L'îlot du Castellas, qui lui fait pendant à l'Est, de l'autre côté d'un profond vallon, est appelé dans la région plateau de Goiron ; c'est le point des Feuilles d'Arles et d'Aix, où le Miocène se trouve à la plus forte altitude : le Burdigalien supérieur à *P. præscabriusculus* y atteint 479 mètres.

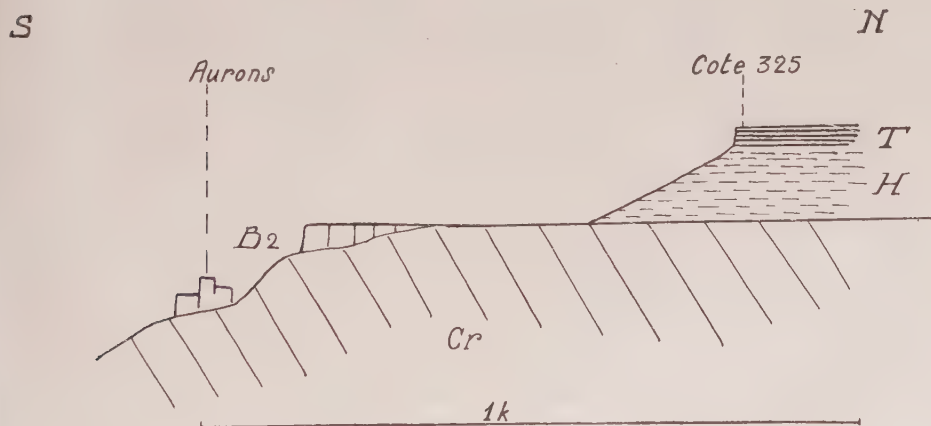


Fig. 14. — Biseau d'Aurons sur le Néocomien. Coupe Nord-Sud par la cote 325.

- T : Tortonien inférieur à *P. scabriusculus*.
H : Helvétien.
B2 : Burdigalien supérieur.
cr : Crétacé.

Vers l'Ouest, le Burdigalien supérieur est transgressif ; il a occupé une vaste étendue, de Libran à Notre-Dame-du-Val-de-Cuech. Il a recouvert les collines formées de dolomies, de calcaire de Berrias et de Néocomien à

stratification tourmentée, qui s'élèvent à près de 300 mètres au-dessus de la plaine de Pélissane ; l'érosion a déblayé ces dépôts, ne respectant que le lambeau d'Aurons, dont les bancs se terminent en biseau sur les pentes crétacées de ce qui fut le golfe burdigalien ; le contact se fait par une brèche à gros éléments locaux.

Les carrières d'Aurons, depuis longtemps abandonnées, ont fourni une pierre poreuse, légère, friable et d'un blanc éclatant ; on y trouve en excellent état de conservation : *Chl. præscabrîuscula*, *Fl. lutissimus*, *Perna soldani*, *Psammechinus*, *Echinolampas*.

La même formation s'amincit vers l'Ouest, supporte le monastère de Saint-Pierre-de-Canon et se termine, au-dessous de Notre-Dame-du-Val-de-Cuech, par un banc de calcaire à *Lithothamnium* de quelques décimètres d'épaisseur.

Helvétien.

Cet étage est beaucoup plus important que les précédents, tant par les surfaces qu'il recouvre que par son épaisseur, qui atteint par endroits une centaine de mètres.

Le faciès est assez homogène ; ce sont généralement des sables, plus ou moins marneux, argileux, jaunâtres et sans fossiles. Collot [31, p. 55] signale le faciès schlier dans les parages de Saint-Pierre-de-Canon, près d'Aurons ; on y voit en effet des argiles bleuâtres, mais pas aussi caractéristiques qu'à Istres. Non loin de Lambesc, au « Griaou », nous avons découvert un gîte de *Scutella paulensis* en excellent état de conservation. Mais c'est dans la région de Rognes que l'Helvétien acquiert son maximum de développement vertical et présente les faciès les plus variés. Près de Ribes, on peut observer un poudingue à petits éléments, un banc de 25 à 30 centimètres pétri de petits fossiles, gastéropodes et lamellibranches, principalement des *Cardium* ; on ramasse aussi des fragments de Scutelles et des valves d'*O. crassissima*. A l'Est de Rognes, les sables jaune clair, presque blancs, sont remplis de petits Hélix : *H. Michelinii* Math., *H. pisum* Math., accompagnés du *Cycl. Serresii* Math., et de grosses *O. crassissima* ; celles-ci indiquent que les fossiles continentaux ne sont que des apports dans le dépôt marin, proche d'un rivage.

Dans le village même de Rognes, Collot [31, p. 64] a étudié à fond le faciès tout à fait spécial des Aires de Rognes, et son intéressante faune de gastéropodes ; nous n'y reviendrons pas ; mais Collot ne semble pas avoir bien remarqué que ce dépôt des aires, redressé presque jusqu'à la verticale à la Butte des Moulins, se retrouve à Fontmarine et aux Mauvares, à une altitude supérieure, par suite des dislocations très violentes qu'a subies localement la région [fig. 17 et Pl. III, n° 2].

Stratigraphiquement, nous ne pouvons pas admettre avec Collot l'âge burdigalien du calcaire des Mauvares. Celui-ci prolonge le calcaire coquil-

ler des aires de Rognes, lui-même helvétien, il est supporté par des sables jaunes de faciès helvétien. Ce n'est en réalité qu'un entablement de l'Helvétien, qui devient transgressif sur l'Aquitanien au Sud de Rognes et qui le sera encore dans la Trévaresse et au delà. Nous rencontrons en effet le faciès des Mauvares de façon presque continue, dans tous les îlots de la Trévaresse : au mamelon 340, à Ventre, à Barbebelles, au Jas-d'Amour, à Cabanes, à Saint-Cannat, aux Décanis, au Nord de Colavery, au kilomètre 4 de la route de Lignane à Rognes, où Collot [31, p. 73] le signale. Or, ce géologue admet l'âge helvétien de tous ces affleurements ; on est donc amené logiquement à dater pareillement le vaste lambeau des Mauvares qui, par son faciès, ne fait qu'un avec ceux de la Trévaresse.

Il y a plus ; ce niveau, qui, aux Aires de Rognes, surmontait des sables jaunes helvétiques, se maintient topographiquement au-dessus des sables et grès à Hélix et à *O. crassissima* qui couvrent la petite plaine cultivée de Roubaud, de Boyer et de la Bastide-Neuve. Or, ces sables helvétiques sont en place ; il n'y a pas trace de la moindre faille, ce qui fait rejeter l'hypothèse d'un mouvement tectonique.

Enfin, si le calcaire des Mauvares était burdigalien, comme les entablements tortoniens le surmontent, après 3 ou 4 mètres de sables, cela nous ferait un Helvétien réduit à ces 3 ou 4 mètres, ce qui est bien invraisemblable.

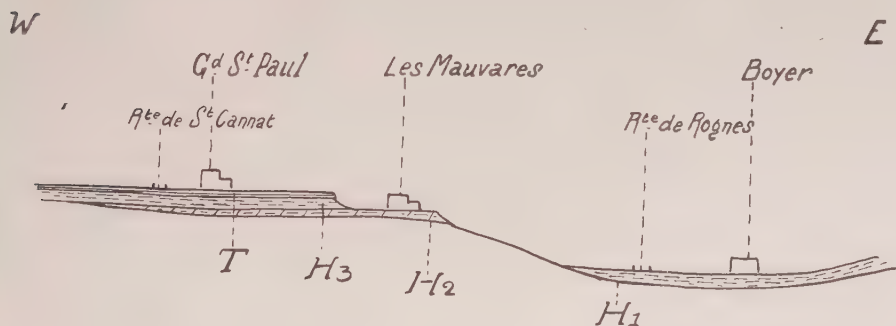


Fig. 15. — Coupe Ouest-Est par le Grand-Saint-Paul, les Mauvares et Boyer.

T : Tortonien inférieur.

H3 : Helvétien supérieur.

H2 : Helvétien moyen, faciès des aires de Rognes, des Mauvares et de la Trévaresse.

H1 : Helvétien inférieur.

Une coupe Est-Ouest passant par le Grand-Saint-Paul, les Mauvares et Boyer traduit nos explications de façon plus imagée.

Quant à la faune, elle est bien incertaine ; ce calcaire, anfractueux, vacuolaire, chargé de concrétions, ne permet pour ainsi dire pas de déterminations. Collot [31, p. 69] signale *Ostrea granensis* Font., espèce qui

serait burdigalienne dans la Drôme d'après Fontannes, dans le Languedoc d'après M. Roman, et en Algérie d'après M. Savornin.

Nous n'avons rien à objecter à de pareilles références ; néanmoins, nous ne pensons pas que la présence d'un seul fossile puisse infirmer les arguments stratigraphiques que nous venons d'énoncer, d'autant moins que ce fossile est une Huître. Le polymorphisme de ces lamellibranches est bien connu, l'âge modifie parfois profondément l'apparence du test, toutes choses qui en rendent la détermination toujours délicate. D'ailleurs, ayant constaté dans le cours de nos recherches, la persistance d'*O. crassissima* et d'*O. Boblayi*, pour ne citer que ces deux espèces, depuis la base du Burdigalien supérieur jusqu'au Tortonien supérieur, nous n'accordons aux huîtres miocènes qu'une valeur très relative au point de vue stratigraphique.

Nous considérons donc le calcaire des Mauvares comme helvétique, et non burdigalien et nous pensons qu'*O. granensis*, dont nous ne contestons pas la détermination, chevauche au moins sur les deux étages.

Tortonien.

Cet étage acquiert dans la région un développement que nous ne lui avons pas encore vu.

C'est d'abord le faciès récifal que nous connaissons déjà, et qui, par un entablement caractéristique, couronne les hauteurs de Salon et de Vernègues.

A ce sujet, une difficulté se présente : cet entablement ne renferme pas partout les fossiles typiques du niveau. Dans les localités que nous venons de mentionner, *P. scabriusculus* fait défaut, ainsi que *P. planosulcatus* ; on ne trouve qu'une mollasse à débris indéterminables. Pourtant, ce niveau est certainement tortonien ; c'était l'avis de Collot et c'est aussi le nôtre, car l'horizon continue, avec le même faciès, celui de la plaine de Pélissane, où *P. scabriusculus* se rencontre en abondance ; on en trouve notamment un véritable banc dans une tranchée du chemin de fer d'Aix à Salon, à la station de Bonrecueil, immédiatement au-dessus des sables helvétiques.

A Vernègues, il y a, au-dessus de ces sables, une épaisseur de dépôts d'au moins 90 mètres ; la coupe que l'on pourra voir à la figure 16 est la suivante :

4) Mollasse très dure à dents de squales.....	10 mètres.
3) Couche marno-sableuse sans fossiles.....	70 à 80 »
2) Premier entablement tortonien sans fossiles déterminés	5 à 6 . »
1) Sables helvétiques.....	épaisseur très variable.
0) Néocomien redressé et aplani.	

Les sables helvétiques, dépôt de comblement, sont très réduits du côté Sud de l'affleurement de Vernègues, bien développés au contraire du côté Est, où ils sont exploités, et du côté Nord. Ces différences s'expliquent facilement par la structure inégale des pentes du socle crétacé.

Du côté de Lambesc et de Rognes, la coupe est analogue et débute par le même banc à faciès récifal, exploité aux fameuses carrières de Rognes. On n'y trouve pas de fossiles caractéristiques ; en ce point, nous avons ramassé des Huîtres indéterminables, une vertèbre de Crétacé, et, pour confirmer notre attribution stratigraphique, une valve de *P. scabriusculus*. Au-dessus apparaît, vers la Chapusse et Boisvert, une couche marneuse avec de très nombreux *Chl. scabriuscula*, *Chl. multistriata*, *Chl. multistriata* var. *nimia*... ; puis viennent des alternances de sables et de mollasses. C'est aussi dans la région de Boisvert que se voit l'horizon tortonien décrit par Collot, qui contient de nombreux moules externes noirâtres, parmi lesquels se reconnaîtrait celui de *Cardita Jouanneti* Bast.

A Saint-Pierre, près de Caire, le premier banc contient une très grande abondance de *P. planosulcatus*.

Sarmato-Pontique.

Quatre lambeaux de Miocène lacustre s'étalent sur le Tortonien entre Lambesc et Rognes. Le plus oriental de ces lambeaux se trouve à l'Est de la Chapusse ; nous en avons rectifié les contours. Il est constitué ainsi que les deux autres îlots au Sud de Boisvert, par un calcaire très blanc, crayeux ; on y trouve des Hélix et des Planorbes. Au Nord de ces trois îlots se trouve le plus vaste, le lambeau de Janet. Plus étendu que les trois autres réunis, il présente le même faciès de calcaires blancs. Nous y avons trouvé des Bithynies vers la Bastide-Blanche. Il est surmonté de limons rougeâtres empâtant des éléments de proche origine.

Un fait à nos yeux très important, c'est que ces lambeaux de Miocène supérieur sont à peu près horizontaux, et ne paraissent pas avoir été très affectés par les mouvements post-miocènes. Il est à remarquer en particulier que le petit anticlinal, découvert par Collot, et qui va des Birons au Petit-Saint-Paul, n'a pas intéressé, malgré une très forte inclinaison, les formations d'eau douce qui le surmontent.

ÉTUDE TECTONIQUE

Le trait caractéristique de la région est l'axe crétacé de la chaîne des Costes proprement dite. Axe très net, dirigé Nord-Est—Sud-Ouest de la Roque d'Anthéron à Sainte-Croix-de-Salon, qui semble n'avoir subi après

le Miocène qu'un mouvement ascensionnel vertical, mais de part et d'autre duquel, par suite de l'affaissement de certains compartiments, plongent les couches du système.

Sur cet axe, se trouvent les affleurements burdigaliens dont nous avons parlé. Ceux du Castellàs, de Binet et d'Aurons sont sensiblement horizontaux : au col de Lambesc, les couches de calcaires à *P. præscabriusculus* pendent au Nord-Ouest vers la dépression des Taillades, et au Sud-Est de façon plus brutale, vers la plaine de Lambesc de part et d'autre de l'axe.

Au Nord de l'axe, se trouve vers l'Ouest la pénèplaine du Vernègues, pénèplaine formée de Crétacé inférieur, qui émergeait à l'époque burdigalienne, et fut soulevée verticalement, avec d'importants dépôts helvétiques et tortoniens. Dans la région d'Aurons, axe et pénèplaine se touchent et toutes les couches sont à peu près horizontales.

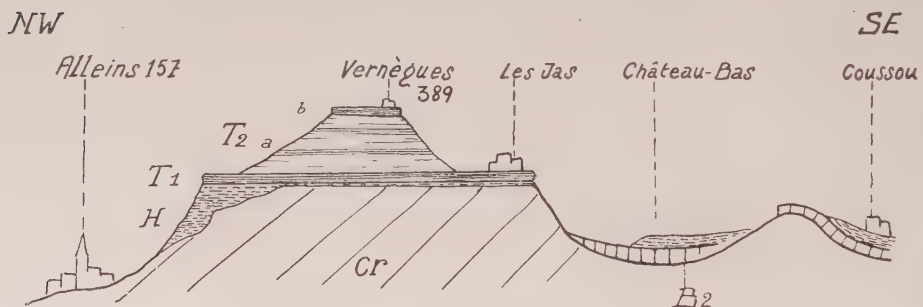


Fig. 16. — Coupe Nord-Ouest—Sud-Est perpendiculaire à la chaîne des Costes par Vernègues, Château-Bas, le col de Lambesc et Coussou.

T2 : Tortonien supérieur :

- b) dernier entablement : mollasse dure à dents de squales.
- a) couches marno-sableuses sans fossiles.

Vers l'Est, on perd toute trace de pénèplaine et de forts plongements se font sentir de chaque côté de l'axe. Celui du Nord-Ouest, le seul qui nous occupe pour l'instant, paraît avoir été causé par la dépression de Cazan et de Château-Bas, où le Burdigalien affleure à 180 mètres, alors qu'il atteint 479 mètres au Castellàs.

La dépression de Château-Bas est donc placée dans l'angle formé par la pénèplaine de Vernègues et l'axe de la chaîne des Costes, ce qui est très net sur une coupe passant par Vernègues et Château-Bas.

Du côté occidental, l'axe de la chaîne se termine à Sainte-Croix-de-Salon, on y trouve, comme il fallait s'y attendre, un plongement périphérique ou plus exactement, des plongements : Ouest, Sud-Ouest, Sud et Sud-Est, car dans les autres directions les dépôts miocènes reposent sur la pénèplaine. Ces plongements sont causés par l'affaissement de deux

compartiments ; celui de la Crau à l'Ouest, celui de la plaine de Pélissane au Sud. Ils sont d'autant plus facilement visibles qu'une large « fenêtre » s'ouvre dans la croûte tortonienne. Cette ouverture se produisant sur les sables helvétiques très friables, a été transformée par l'érosion en une profonde dépression, qu'utilise la route de Notre-Dame-du-Val-de-Cuech, et qui nous fournit d'excellentes coupes naturelles.

Au Sud de l'axe, l'allure tout à fait différente des plongements miocènes est due à l'affaissement de deux compartiments : la plaine de Pélissane à l'Ouest, la plaine de Lambesc-Rognes à l'Est. Dans ces plaines, les couches helvétiques et tortoniennes sont subhorizontales, et se redressent en crêtes verticales sur le bord des failles qui les mettent en contact avec la chaîne des Costes. La faille de Pélissane intéresse le substratum crétacé comme l'a vu Collot [31, p. 55].

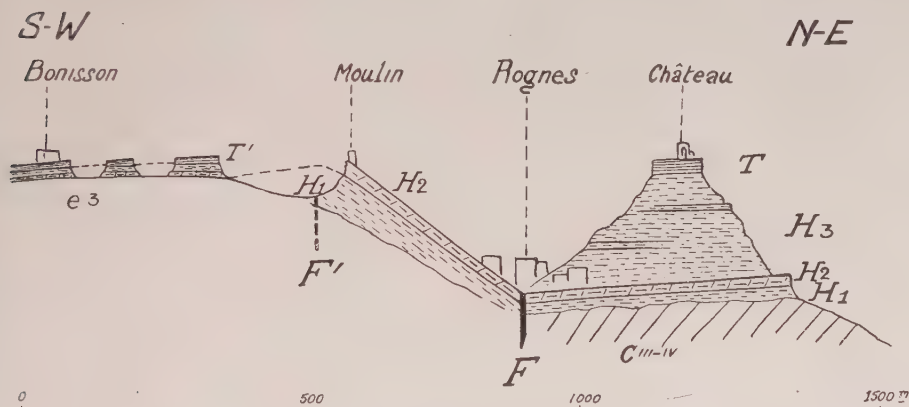


Fig. 17. — Coupe Nord-Est—Sud-Ouest par le village de Rognes, la Butte des Moulins et Bonisson.

T : Tortonien inférieur.

H3 : Helvétien supérieur.

H2 : Helvétien moyen, calcaire des aires de Rognes.

H1 : Helvétien inférieur.

e3 : Niveau des argiles des Milles (Stampien).

F, F' : Failles.

La faille de Lambesc comprend deux segments de sens parallèle : l'un occidental, du col de Lambesc à Douau, l'autre oriental, de l'Est de la Couelle à Caire. Il ne semble pas y avoir eu de rupture dans le substratum dont les plongements concordent à peu près avec ceux des couches miocènes, mais un étirement violent de ces dernières avec laminage de l'Helvétien et finalement solution de continuité. Le Burdigalien manque dans tous les contacts des affleurements miocènes au Sud de la chaîne des Costes. Il vient immédiatement à l'esprit que cette absence est due aux failles et aux contacts anormaux dans lesquels cet étage aurait disparu

par étirement. Il n'en est pourtant rien. En certains points : Bidaine, Douau et les Costes, où la superposition des couches n'est guère troublée, le Burdigalien n'apparaît pas davantage, les couches les plus inférieures sont précisément de ce faciès de transition, qui nous est familier pour l'avoir souvent rencontré en bordure de la Crau, à Vernègues, et qui caractérise le passage du Burdigalien à l'Helvétien.

En un mot, la rupture s'est faite au niveau de la transgression vindobonienne, entraînant l'inversion de relief déjà constatée dans les Alpines. Le Burdigalien se trouve exhaussé par rapport aux couches transgressives de l'Helvétien et du Tortonien.

Les choses sont encore plus complexes. La chaîne des Costes est doublée au Sud par un petit anticlinal accessoire, qui s'en sépare ainsi que l'a indiqué Collot [31, p. 55] au niveau des Birons. Il entraîne un deuxième plongement Sud-Est des couches vondoboniennes que l'on peut suivre, par le Calvaire de Lambesc jusqu'à l'Est de la Chapusse.

En ce point, la direction des plongements change brusquement et devient Nord-Ouest—Sud-Est selon un axe qui passe un peu au Nord des carrières de Rognes, et se termine à la Butte des Moulins.

Au Sud de cet axe, c'est le vaste lambeau tortonien des carrières de Rognes et du Grand-Saint-Paul, qui plonge doucement au Sud-Ouest.

Au Nord, au contraire, il y a fracture brusque et plongement presque vertical au Nord-Est, des couches helvétiques, quand elles n'ont pas été érodées. Dans la plaine de Ribes, les couches reprennent leur horizontalité approximative.

Une coupe Nord-Est—Sud-Ouest perpendiculaire à l'axe de fracture, montre bien les dislocations subies par cette région.

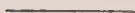
La double fracture de Rognes se produit sur un biseau des sables helvétiques qui, réduits à 1 ou 2 mètres d'épaisseur dans la vallée de Concernade, atteignent, dans celle de Saint-Christophe, une puissance d'au moins une soixantaine de mètres. Cette épaisseur est en rapport avec l'existence du golfe burdigalien de la chaîne des Costes. A mesure que nous avancerons vers le Sud-Est, au contraire, nous trouverons des territoires émergés au début du Miocène.

PLANCHE III

PLANCHE III

1. Au Nord des Baux, les couches du Burdigalien supérieur, entaillées de nombreuses carrières, se relèvent au contact de la Grande Faille des Alpes.

2. Au Sud du village de Rognes, les couches helvétiques fracturées plongent fortement vers le Nord.





1



2

CHAPITRE VI

LA TRÉVARESSE ET LE PLATEAU DE LA TOULOUBRE

Nous avons joint dans ce chapitre deux unités géographiques pour la commodité de la description.

La Trévaresse est une petite chaîne formée, dans son ensemble, par un anticlinal des couches aquitaniennes lacustres du bassin d'Aix, elle court du Nord-Ouest au Sud-Est, des environs de Lambesc jusqu'à ceux de Venelles, où elle se termine contre le massif crétacé de Concors. Elle porte peu d'affleurements miocènes, mais ils sont placés dans des conditions telles, qu'ils indiquent avec certitude son recouvrement complet.

Aux pieds de son versant méridional s'étend le plateau, de même âge oligocène, dans lequel la Touloubre a creusé son lit sinueux. Il porte de larges affleurements helvétiques et tortoniens. La région que nous considérerons dans le cours de ce chapitre, peut être délimitée : au Nord, par le ruisseau de Concernade, prolongé par une ligne joignant Beaulieu et Saint-Canadet ; au Sud-Ouest, par la vallée de la Touloubre jusqu'à la Calade, et la Route Nationale n° 7 jusqu'aux Plâtrières ; au Sud et à l'Est, par une ligne brisée joignant les Plâtrières, la tour de la Keyrié, la cote 444, les Carluès, Venelles et Saint-Canadet.

HISTORIQUE

Géologiquement simple, cette région attira peu les observateurs ; et, si les basaltes de Beaulieu firent l'objet de plusieurs communications [26, 49], si encore, lors du tremblement de terre de 1909, l'on s'occupa quelque peu des accidents tectoniques subis par le Miocène de la région [120, 129, 130, 166, 167, 174], c'est à Collot que nous devons la seule étude un peu sérieuse de la région. Il l'a ébauchée dans sa thèse et il la compléta dans son « Miocène des Bouches-du-Rhône ». Mais il nous restait encore à glaner.

VUE D'ENSEMBLE

Nous avons à étudier la répartition des différents étages miocènes, et à préciser la transgression vers le Sud-Est déjà remarquée par Collot. Il

nous restait surtout, par le relevé de nombreuses coupes, dont nous ne retiendrons que les principales, et par la considération de l'altitude des dépôts, à parvenir à une compréhension plus rigoureuse des mouvements post-miocènes.

Dans leur ensemble, les formations vont en diminuant d'épaisseur vers le Sud-Est et sont transgressives dans cette direction.

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE

Helvétien.

Le Burdigalien n'est pas venu jusqu'ici, ses dépôts terminaux plongent sous l'Helvétien dans la région Nord de Lambesc.

Dans le chapitre précédent, nous avons montré que le calcaire des Mauvares devait être, pour des raisons stratigraphiques, rangé dans l'Helvétien. C'est effectivement par lui que débute la série dans la Trévaresse. Il forme sur ses pentes méridionales : l'îlot de Barbebelles, et, allant vers l'Ouest, trois autres lambeaux débutant par le même faciès.

Collot [31, p. 72] signale un petit lambeau au Jas-d'Amour, au bord de la route de Lignane à Rognes, nous l'avons repéré et le figurons sur notre carte, il est formé du même dépôt ainsi que celui de Cabannes. C'est encore le même faciès qui se voit à la base de l'Helvétien à l'Androne, et qui couvre toute la région comprise entre Saint-Cannat et la route de Rognes. Il ne débute pas partout : à la Pile, à Collavery, on trouve au-dessous du calcaire des Mauvares, un lit de sables marneux grisâtres ou blanchâtres avec des Huîtres et des Pectinidés. Ici une légère divergence de vues nous sépare de Collot [31, p. 93]. Il attribue au Burdigalien les marnes de la Pile, et à l'Helvétien les sables siliceux blancs de Collavery et des Décanis ; or, nous avons rigoureusement contrôlé l'identité de niveau de ces deux horizons, il y a continuité stratigraphique, et nous avons trouvé les mêmes Pectinidés. Il y a donc erreur, d'un côté ou de l'autre ; à notre avis ces formations doivent être rangées dans l'Helvétien.

1° Le parallélisme des dépôts de Rognes avec ceux de notre région, l'indique. On trouve à Rognes, au-dessous du calcaire coquiller des Aires, équivalent du calcaire des Mauvares, des sables jaunes et verdâtres. Ce dépôt de base disparaît à Fontmarine, aux Mauvares et dans la Trévaresse, où l'Helvétien débute par le calcaire des Mauvares, continuation du calcaire coquiller des Aires de Rognes. Tout porte à mettre en parallèle les marnes de la Pile avec les sables inférieurs des Aires de Rognes.

2° D'autant plus que le faciès des dépôts contestés est loin d'être homogène, nous en avons observé plusieurs variétés dans le sens horizontal : marnes blanches à la Pile, sables blancs à Collavery, ce sont des sables marneux verts au Nord de l'Arnaude. Dans ces parages, le calcaire des

Mauvares n'est plus qu'une simple intercalation dans des sables marneux verdâtres, de faciès helvétique caractéristique.

3° On ne voit pas comment la mer burdigalienne serait venue jusqu'à la Pile. Collot, dans un tracé que nous sommes forcés de contredire, fait faire aux eaux burdigaliennes une avancée pour atteindre la Pile, qui ne correspond pas à la réalité : il n'y a sûrement pas eu de Burdigalien à Salon ni à Pélissane; et encore moins dans la région de Lançon, où le Vindobonien transgresse incontestablement à Saint-Jean-de-Brénasse.

4° On trouve dans l'horizon en question des *Pecten*, deux surtout, que Collot a déterminés :

P. Pharaonis Dep. et Rom.

P. rotundatus Lamk.

Nous avons ramassé de nombreux échantillons de ces deux espèces, dans les localités que nous venons de mentionner.

a) *Pecten Pharaonis* se rapproche beaucoup, on pourrait dire s'identifie, avec le type fréquent à la Pile c'est une forme donnée par ses créateurs comme burdigalienne, nous ne l'avons trouvée qu'en ce gisement.

b) *Pecten rotundatus*, car c'est bien lui, est donné par Fontannes comme appartenant à la base du Burdigalien. A Vence, sa localité d'origine, nous y avons recueilli de nombreux spécimens de cette forme à un niveau qui serait celui du Burdigalien supérieur. Mais nous ne pensons pas qu'il y soit cantonné. Nous l'avons recueilli, en effet, plus à l'Est, à Peschière, dans les couches marneuses à *P. scabriusculus*, indubitablement tortonien. Et qu'y a-t-il d'étonnant à cela ? *Fl. fraterculus* Sow. sp. (= *P. vindascinus* Font.), espèce très voisine, ne se trouve-t-il pas en abondance dans le Burdigalien inférieur, alors que Fontannes [72, p. 101] le cite «...dans les couches marno-sableuses plus ou moins compactes qui se trouvent à la base des marnes à *C. Jouanneti* ».

Quant aux Huîtres, nous avons recueilli le type que Collot rapporte à *O. aginensis* Tourn., y a-t-il identité complète ? Nous n'en sommes pas sûr.

Nous reconnaissons volontiers que, dans l'ensemble, cette faunule est sans analogie dans toute la région que nous étudions. Elle est sans précédent dans l'Helvétien, mais sans précédent aussi dans le Burdigalien qui, nulle part dans la Basse-Provence, n'a ce faciès et cette faune. Tout bien pesé, nous l'attribuons à l'Helvétien, estimant que localement certaines formes burdigaliennes ont pu persister.

L'Helvétien ne tarde pas à disparaître sous les dépôts tortoniens. On entrevoit encore le faciès calcaire de la Pile à la station de Lignane-Rognes, on le suit encore quelques centaines de mètres, le long du canal du Verdon, puis, autant que le permettent les larges dépôts d'eau douce, on voit affleurer en bordure de ceux-ci, des marnes argileuses qui appartiennent au Tortonien.

Tortonien.

L'étage est représenté différemment à l'Ouest et à l'Est. Au Nord de Saint-Cannat et de Collavery, on peut voir quelques lambeaux d'un calcaire roux, très dur, dans lequel de nombreuses coquilles ont laissé leur moule externe noirâtre ; c'est absolument le faciès que nous avons déjà rencontré à Boisvert, près de Lambesc, niveau un peu supérieur à celui des carrières de Rognes et, par conséquent, certainement Tortonien.

Au delà de la route de Rognes, ce faciès, qui indiquait une profondeur assez faible, fait place à des dépôts qui, pour peu d'épaisseur qu'ils aient, n'en présentent pas moins un faciès bathyal. Ce sont des marnes verdâtres, avec des nodules calcaires blancs et de nombreuses Anomies, ou des grès durs, de couleur grise, dans la région de Peschière, puis, des marnes à *O. crassissima*, vers la Calade et Puyricard.

On peut voir ce dernier faciès, transgressif sur l'Oligocène, à Pontier. Le lambeau est constitué par un amalgame de galets appartenant au Secondaire et à l'Oligocène avec de multiples valves d'*O. crassissima*, dans une pâte marno-sableuse verdâtre ; il est le plus élevé de la Trévaresse et dépasse 460 mètres.

A l'Est de la Route Nationale n° 96, ce sont des grès très durs, de couleur rousse, avec quelques galets et des débris d'huîtres. Vers la chapelle Sainte-Anne, le niveau est surmonté d'un poudingue avec de nombreuses *O. crassissima*, généralement de petite taille ; par endroits, les grès roux deviennent rosés ou franchement rouges et passent insensiblement à la formation supérieure.

Sarmato-Pontique

Dans la Trévaresse, l'étage est bien représenté au mamelon coté 430, au Sud de Mandin. Cet affleurement d'Helvétien est couronné de calcaires lacustres blancs, en bancs compacts, avec de très nombreux *Helix Christoli* bien conservés, surmontés par un travertin.

Vers l'Est, nous ne retrouverons plus le faciès calcaire à Hélix jusqu'à Saint-Paul-lez-Durance. Les lambeaux de Sarmato-Pontique, qui s'étalent dans la plaine de la Touloubre, sont formés de cailloutis à éléments variés, on y trouve notamment des silex d'eau douce et des limons rouges. De temps à autre seulement, on peut apercevoir un banc de calcaire travertineux à Bythinies et Limnées. Enfin, à la colline Sainte-Anne, nous avons un très beau développement de limons et argiles rouges, entrecoupé de poudingues à petits éléments et de lits de graviers.

ÉTUDE TECTONIQUE

Il y a beaucoup d'analogies entre cette région et la précédente. Un coup d'œil sur la Feuille d'Aix montre immédiatement une chaîne de collines : la Trévaresse, portant quelques petits lambeaux miocènes et, à ses pieds, une plaine couverte de dépôts. Mais ce qui surprend aussi, c'est la direction des accidents. La chaîne de la Trévaresse est dirigée Nord-Ouest—Sud-Est, direction que nous avons déjà pressentie dans le village de Rognes. Les îlots qu'elle porte près de son axe, sont à peu près horizontaux, et les dépôts de bordure, bordure méridionale en l'espèce, sont redressés contre la chaîne par suite de l'affaissement du plateau de la Touloubre. Ce redressement dégénère en faille au Nord de Saint-Cannat. Les lambeaux tortonien horizontaux y sont en contact anormal avec l'Oligocène, alors que l'Helvétien est représenté plus au Nord, à la cote 340.

C'est par une faille aussi que le Tortonien prend contact avec l'Oligocène à l'Ouest de Saint-Simon.

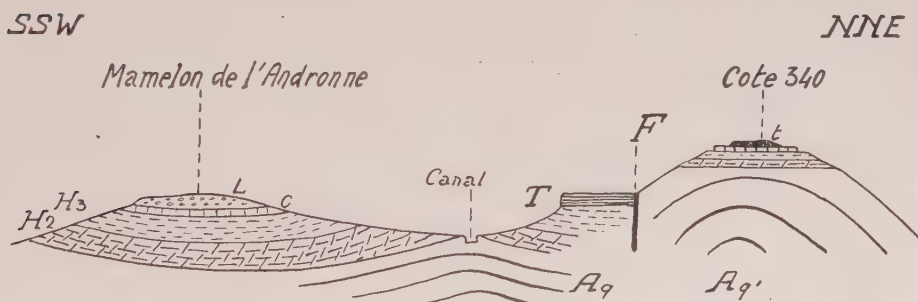


Fig. 18. — Coupe SSW-NNE par la cote 340 et l'Andronne.

- t* : Calcaire travertineux probablement Sarmato-Pontique.
- L* : Cailloutis de même âge.
- C* : Calcaire à *Helix Christoli*.
- T* : Tortonien inférieur.
- H3* : Helvétien supérieur, marne verte.
- H2* : Helvétien moyen, faciès des aires de Rognes.
- Aq* : Aquitanien.
- F* : Faille.

Comme on peut le voir par ces deux coupes, il y a au Sud du grand anticlinal de la Trévaresse, une deuxième ride qui apparaît de façon intermittente. C'est, comme l'a fort bien remarqué Collot, dans le petit synclinal qui sépare les deux plis, que les dépôts de Suy et de Rians ont été préservés de l'érosion.

Il faut signaler aussi un anticlinal accessoire, qui se sépare de l'axe

principal de la chaîne au niveau de Sertaille, cote 485. Il oblique dans la direction Nord-Ouest, traverse la route de Rognes, peut encore se suivre dans les parages des Mauvares, et rejoint sensiblement l'axe de plongement de Rognes. Cette bifurcation est marquée par le petit flot helvétique du Jas-d'Amour, découvert par Collot, qui, placé entre les bras de la fourche, a été respecté par l'érosion.

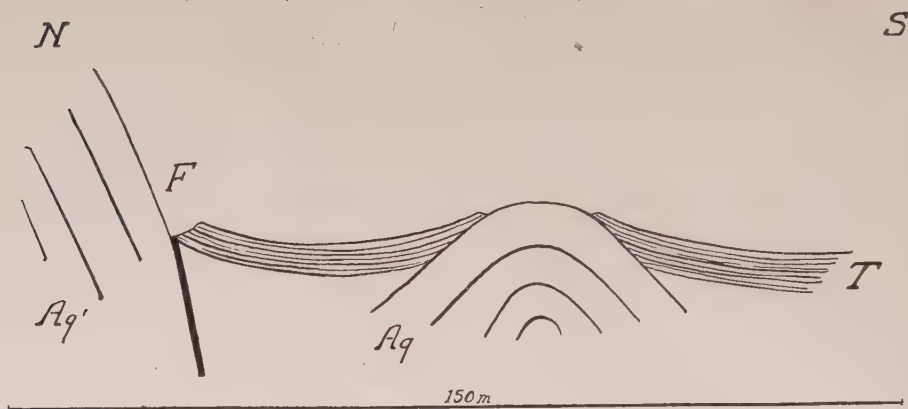


Fig. 19. — Coupe Nord-Sud à l'Ouest de Saint-Simon.

T : Tortonien.
Aq : Aquitanien.
F : Faille.

Enfin on peut, géographiquement au moins, distinguer, dans la région qui nous occupe, une ligne de crêtes dirigée vers le Nord-Ouest qui, partant de Cabanes, dans l'Oligocène, passe par le col de Saint-Julien et les points culminants du petit massif crétaé qui domine Saint-Estève-Janson. Cet axe de hauteurs est en rapport avec l'existence et les plongements des lambeaux miocènes de Cabanes et de la plaine de Rognes, dans laquelle se développent largement les sables helvétiques à *O. crassissima*, Hélix et Cyclostomes, que nous avons mentionnés.

Observons en conclusion que les lignes de relief de la région, axes tectoniques ou géographiques, qui sont en rapport avec les plongements des couches miocènes, se départissent de l'habituelle direction Est-Ouest des accidents provençaux, pour obliquer vers le Nord-Ouest. Ils forment de la sorte un angle avec ceux de la région des Costes qui, de leur côté, obloquent de façon surprenante vers le Nord-Est.

CHAPITRE VII

LA DÉPRESSION D'AIX, LA VALLÉE DE VAUVENARGUES ET LE MONTAIGUET

Nous avons groupé dans ce chapitre trois régions naturelles qui, topographiquement très différentes, ne font qu'un au point de vue géologique.

Notre étude descriptive du Miocène a suivi intentionnellement le sens de la transgression, sens général Sud-Est. Nous nous trouvons maintenant au rivage même de la mer tortonienne. Ses flots venaient battre le pied des massifs de Lingouste, de Concors, de Sainte-Victoire et du Montaiguët, tandis que dans la cuvette d'Aix, qui se trouvait déjà à un niveau un peu inférieur, se déposaient des sédiments de profondeur plus grande.

Géographiquement, la région que nous nous proposons d'étudier a la forme d'un triangle à base tournée vers le Nord. Elle est séparée des affleurements septentrionaux synchrones par la chaîne oligocène d'Éguilles, continuée vers l'Est par la crête jurassique de la Keyrie ; au Sud-Ouest, elle est délimitée par le ruisseau de Luyne et, au Sud-Est, par le rivage même de la mer tortonienne.

HISTORIQUE

Depuis bien longtemps, Aix attira l'attention des géologues, par ses eaux minérales, ses gypses oligocènes à riche faune d'insectes, et ses couches à Hélix du Peyrignou, dont les profondes carrières sont exploitées depuis des siècles. Mais parmi les travaux qui intéressent spécialement notre sujet, on ne peut guère citer que ceux de Collot, dont nous avons déjà parlé, en particulier sa thèse de 1880 sur les environs d'Aix, une note intéressante de Golfier [102] sur la tectonique de la région et, enfin, un petit travail du colonel Jullien en 1908 [119].

EXAMEN STRATIGRAPHIQUE

Toutes les formations marines de la région appartiennent au **Tortonien**, la chose est admise.

Dans la dépression d'Aix, ce sont des sédiments qui indiquent une certaine profondeur ; les marnes verdâtres à *O. crassissima* de la Gare en sont le type. Toutefois, à la périphérie du bassin, moulin de Saint-Jérôme, Sainte-Eutrope, route d'Antibes, apparaît le faciès détritique avec poudingues et grès roux à *O. digitalina*.

D'Aix aux Bonfillons, la vallée de Vauvenargues porte de nombreux témoins miocènes ; le plateau du Peyriguiou est le plus important. Il comporte deux assises : la première franchement marine et de faciès néritique à débris de coquilles dont seules, celles des Cônes, des Arches et des Huitres, à test épais, ont pu se conserver entières ; la deuxième, la célèbre couche à Hélix, Glandines et Cyclostomes, de situation douteuse. Collot place la couche à Hélix dans le Sarmato-Pontique ; cela nous semble douteux, car si, dans la partie qui domine la ville, les deux formations sont bien distinctes, vers l'Est, elles se confondent, et l'on trouve ensemble Hélix et Huitres : par exemple, au Sud de Saint-Marc et aux environs de Jouques. Nous pensons plutôt que la couche à Hélix du Peyriguiou est une lentille de dépôts d'eau douce intercalée à la partie tout à fait supérieure du Tortonien marin.

Les autres lambeaux de la vallée de Vauvenargues sont moins étendus, ils sont formés de grès roussâtres avec des Huitres roulées, *Chl. multi-striata* et de nombreuses concrétions tubulaires. Leur contour est très mal figuré sur la carte géologique actuelle, cela tient en grande partie à la déféctuosité de la topographie ; nous les avons retracés sur les plans directeurs au 1/10.000^e et en donnons une réduction [cf. Pl. IV].

Le Montaiquet présente sur ses flancs du côté Nord-Ouest quelques lambeaux intéressants de Miocène marin, ce sont les îlots du Château du Diable, de la Pelle, de Luynes et de Fontcuberte. Ils sont constitués par des sables gréseux de couleur rousse, et assez pauvres en débris organiques. Aiguillé par la minute de Vasseur au 1/80.000^e, nous en avons tracé les contours sur les plans directeurs au 1/10.000^e ; ils reposent sur de petits paliers criblés de perforations de lithophages, et situés à une altitude sensiblement uniforme de 190 mètres.

Le **Sarmato-Pontique** est très diversement représenté.

Dans la dépression de la ville d'Aix, ce sont des marnes vertes, ou grises bien développées à la rotonde et à l'asile d'aliénés, avec *H. Christoli* et Nérîtines. Ce faciès marneux se retrouve à La Pelle, au moulin Saint-Jérôme ; nous en avons découvert un affleurement assez important à Rouchon au Sud de l'Arc, avec des Hélix, Planorbes et Limnées, écrasés et

AFFLEUREMENTS MIOCÈNES DE LA



VALLÉE DE VAUVENARGUES



indéterminables avec certitude. Au-dessus de ce niveau, se voient, à La Pelle, un poudingue assez considérable et des argiles roses tachetées de gris, tout à fait analogues à celles d'Entressen [cf. p. 52].

Enfin, au Sud-Est du lambeau de Luynes et de Fontcuberte, une énorme formation détritique croule sur les pentes du Montaiguët, et vient se superposer aux couches marines : c'est un poudingue à éléments volumineux qui atteignent jusqu'à un mètre de diamètre à Coupeau. Ces blocs roulés sont d'origine très diverse, les plus gros sont d'âge secondaire ou éocène ; on en trouve aussi d'anciens : grès permien, verts ou rouges, le tout englobé dans une pâte sableuse rougeâtre qui, facilement érodée, a laissé comme témoins des monceaux de galets sur les pentes des collines.

Il nous est difficile de ne pas voir dans cette formation un remaniement du poudingue éocène du Canet et de la Galante, avec ajout d'éléments locaux.

ÉTUDE TECTONIQUE

La Ville d'Aix se présente dans une cuvette dominée au Nord par la chaîne aquitanienne d'Éguilles, à l'Est par le plateau du Peyrignou ou Montagne des Pauvres. Ces deux régions portent à l'altitude de quelques trois cents mètres des dépôts miocènes qui dominent donc la ville d'Aix, d'une centaine de mètres. Quel rapport y a-t-il entre les formations qui supportent la ville et celles des hauteurs ? Collot [22] admet une faille du côté Nord, et une dénivellation primitive du côté Est et Nord-Est.

Pour le côté Nord, la chose est évidente. Ses coupes et celles, encore plus précises, données par Golfier [102], ne laissent pas de doute, les couches tortoniennes se redressent au Nord de la ville jusqu'à la verticale contre la Butte des Trois-Moulins. La coupe Nord-Est, en ce point, montre un double anticlinal oligocène, dont le mouvement n'a pu être suivi par le Miocène. Il y a donc eu rupture du côté Nord ; la seule considération de la similitude des faciès et des faunes des dépôts, en même temps que leur écart d'altitude, suffirait à le prouver. Les marnes vertes à *O. crassissima* de la gare d'Aix sont à 177 mètres, les mêmes marnes avec les mêmes huitres sont à la station de la Calade à 272 mètres. Les deux dépôts sont sensiblement horizontaux et séparés par la chaîne d'Éguilles, qui s'élève, aux Plâtrières, à 381 mètres.

Du côté Est, la chose est plus délicate. Au premier coup d'œil, sur la Feuille d'Aix, l'allure générale des contours du Miocène, les affleurements du Lias se présentant en coupe oblique, la différence des cotes montrant un écart de plus de 100 mètres, sur une faible distance horizontale, enfin le contact du Miocène supérieur avec le Lias, font penser à une faille.

Collot déclare qu'il ne l'a pas trouvée et qu'il faut voir là une dénivellation primitive. Ce qui le prouverait comme il l'a très bien fait ressortir,

c'est la différence des faciès, marneux dans le fond, mollassiques sur la Colline des Pauvres. Là, explique-t-il, se faisaient sentir des apports d'eau douce très importants, dépôts d'estuaire à nombreuses coquilles continentales. Ils contrastent avec les couches sarmato-pontiques de la ville d'Aix qui sont marneuses, indiquent un plus grand fond et contiennent peu de coquilles terrestres.

On ne peut évidemment dire avec certitude qu'il y a faille, que lorsqu'il y a perte de contact entre deux segments de la même formation, et l'on comprend les hésitations de Collot. Toutefois, de nouvelles observations nous ont prouvé l'existence de l'accident en ce point. Grâce à l'obligeance de M. Repelin, nous avons pu avoir des échantillons de faciès prélevés dans des sondages, effectués au Nord-Ouest de la ville d'Aix. Sous quelques mètres d'argiles plastiques jaunâtres, correspondant à celles de la Rotonde et du Mont-Perrin, on rencontre un calcaire roux avec des cristallisations de carbonate de calcium, faciès que l'on retrouve, identique, à certains niveaux du Peyrignou. Ce calcaire présente des traces de fossiles à test mince, qui ne sont pas des organismes marins ; certaines coupes ovales sont d'autant plus certainement des coupes d'Hélix, que M. Repelin a trouvé au cours de ses investigations dans ce niveau, un de ces fossiles entier, sinon déterminable.

La faille est ainsi démontrée, d'autant mieux que les couches tortoniennes à *O. crassissima* de la gare d'Aix, se retrouvent à l'état rudimentaire à la base du Peyrignou. Nous avons recueilli de nombreuses huitres de cette espèce dans des grès roux, ou des conglomérats de base.

Il y a donc une faille d'une centaine de mètres à l'Ouest de la ville, ce qui n'empêche pas d'admettre une certaine diminution des profondeurs vers l'Est, fait normal dans toute la série miocène de notre région, et qui explique la réduction des couches à *O. crassissima* dans cette direction.

La vallée de Vauvenargues ne nous est pas apparue telle que l'a expliquée Collot [31, p. 85]. Il affirme qu'elle était déjà partiellement formée avant l'invasion marine miocène, que les couches du versant Nord se terminent « en biseau » sur les tranches du Jurassique, et que « la crête formée de Jurassique supérieur qui domine au Nord la vallée de Saint-Marc », est restée « constamment au-dessus de ces dépôts ». Nous ne pouvons souscrire à cette opinion. Les dépôts miocènes couvrent dans cette région de vastes étendues, c'est le faciès du Peyrignou, et nous avons là les restes de l'ennoyage d'une plaine côtière. Nous avons visité sur toute sa longueur la ligne de contact du Miocène avec le Jurassique au Nord de la vallée. Les couches tortoniennes sont partout redressées, par endroits jusqu'à 70° ; de plus, nous avons recueilli de gros galets permien fracturés qui laissent supposer l'action d'un mouvement tectonique intense. Enfin, la crête jurassique en question n'est que le rebord d'un plateau presque uniforme dont l'altitude se maintient à une moyenne de 450 mètres, et qui présente le même aspect de pénéplaine, quoique plus déformée, que le socle du Pey-

riguiou. Cette partie de la pénéplaine dut se soulever par un mouvement de bascule vers le Nord après le dépôt du Miocène, le fragmentant par une faille. Aujourd'hui, la faille est masquée par les éboulis et n'attire pas l'attention, parce que le segment supérieur du Miocène manque partiellement. Nous disons partiellement, car la formation de la Foun-dou-Téoule, se trouve sur le même méridien et montre dans une coupe Nord-Sud, ses rapports avec la région qui nous occupe.

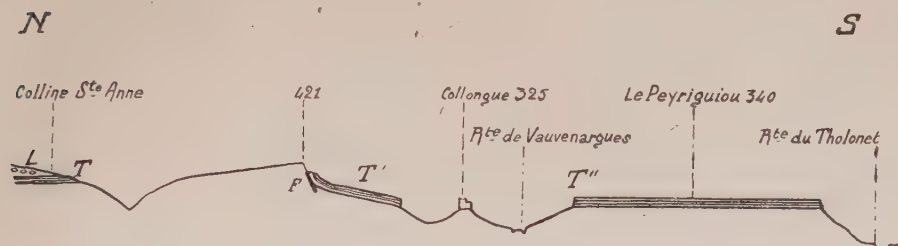


Fig. 20. — Coupe Nord-Sud par la Colline Sainte-Anne, la ferme de Collongue, le Peyrignou et le Tholonet.

L : Poudingues sarmato-pontiques de la colline Sainte-Anne.

T, T', T'' : Tortonien tout à fait supérieur.

Par les Bonfillons, la coupe serait analogue, avec un plongement Sud beaucoup plus accentué, approchant de la verticale.

Les lambeaux de Tortonien du *Montaiguet* sont plaqués sous forme de terrasses dont le substratum est arasé, et perforé par les lithophages. Le contact se fait normalement sauf à l'îlot de la Pelle, près du vieux chemin de Gardanne, où il y a une dislocation locale, assez peu importante du reste.

D'ailleurs, ces lambeaux ne représentent pas le terme ultime du Tortonien. Les dépôts de l'étage durent recouvrir totalement le *Montaiguet*. Sa partie culminante est nettement arasée vers 340 mètres, altitude du plateau de Peyrignou, dont il n'est séparé que par la vallée de l'Arc.

CHAPITRE VIII

LES LAMBEAUX MÉRIDIONAUX SUR LA NERTHE ET AU SUD DU MONTAIGUET

Sous ce titre nous rangeons un certain nombre de petits îlots qui, par leur faible étendue, leur âge contesté ou leur situation anormale, nécessitent une étude à part.

1° Lambeaux du moulin de Berthet et de Violet.

C'est M. Fournier qui, en 1892, signala le premier le lambeau du moulin de Berthet et du pavillon Clapier dans la plaine de Bouc-Cabriès.

Au moulin de Berthet, constructions et cultures masquent complètement l'affleurement, mais de nombreux blocs de grès roux entassés au bord des champs dénotent clairement la nature du sous-sol. Malgré l'absence de fossiles, on peut considérer l'affleurement avec certitude comme Tortonien.

Au pavillon Clapier, nos constatations n'ont pu être plus précises. Par contre à Violet, le lambeau étudié par Collot [31, p. 89] est beaucoup plus caractéristique. Situé à la cote 175, il est formé de bancs, plongeant fortement au Sud, d'un grès calcaire jaune-brun, extrêmement dur, et, par endroits, anfractueux. Ce faciès impropre à toute culture, émerge au milieu des champs, couronné d'une pinède. Les fossiles y sont peu abondants : quelques valves d'Huitres, probablement *O. Boblayi*, *Chl. multistriata* ; le dépôt a remanié de petits galets calcaires de l'étage vitrollien affleurant non loin de là, qui entrecouperont le grès de minces lits. L'on trouve enfin en abondance de gros galets permians de grès vert ou rouge, si communs à la base des transgressions marines miocènes, et qui proviennent du remaniement des formations détritiques du Crétacé supérieur et de l'Éocène.

Nous considérons ce lambeau malgré sa pauvreté en fossiles comme Tortonien. Collot dit y avoir trouvé *O. crassissima* et *Helix galloprovincialis* ; cela confirme notre opinion de l'équivalence de l'affleurement de Violet avec les formations du Peyriguiou.

Le plongement Sud de ces couches indique bien l'influence du pli de Bouc. Ce chaînon fut recouvert par la mer tortonienne comme en témoignent de gros galets de grès vert que l'on y recueille à l'état sporadique. Les calcaires blancs éocènes, qui constituent ces collines, portent en plusieurs points des traces indubitables de pénéplanation.

2° Lambeau de Sioublanc.

M. Fournier [86, 87] découvrit ce petit affleurement dans un des ravins qui entaillent le vieil anticlinal de la Nerthe. Nous l'avons réservé pour une étude spéciale parce que sa faune et sa position stratigraphique lui donnent une certaine importance.

A l'Ouest du Château de la Nerthe se trouve une ferme assez importante, nommée sur la carte Cossimond, à l'altitude de 235 mètres. C'est le repère le plus proche du point que nous avons à étudier. A 1 kilomètre de Cossimond, dans la direction Ouest-Nord-Ouest, on se trouve en présence d'une double dépression parallèle. Ces dépressions sont dues à l'érosion des marnes valanginiennes au Sud, des marnes hauteriviennes au Nord ; entre les deux se dresse une crête de calcaires valanginiens. Toutes les formations plongent au Nord mais avec une inclinaison voisine de la verticale. Dans les deux dépressions on recueille des galets de grès permien vert ou rouge. Dans la dépression méridionale se trouve l'affleurement, sur les marnes valanginiennes, vers 215 mètres d'altitude, et non 260 mètres comme l'indique Collot [31, p. 89] ; nous l'avons repéré sur les plans directeurs au 1/10.000°.

Les éboulis des pentes masquent en grande partie le fond du vallon ; par endroits on voit émerger un bloc de mollasse, le faciès est nettement nérétique. Une pâte calcaire jaunâtre, mouchetée de grains noirs de manganeuse, agglomère des petits galets calcaires de couleur fauve, comme nous en trouvons à Violet, des fragments de coquilles et des Bryozoaires.

On recueille des fossiles entiers, de nombreuses Huitres dont *O. Boblayi*, *Chl. multistriata*, *Flab. latissimus* de grande taille, et enfin de nombreux Bryozoaires, parfois très bien conservés entre les valves des Pecten ; nous avons pu déterminer approximativement les genres :

Discoporella Gray.

Membranipora Blv.

Diastopora Lamk.

Salicornaria Cuv.

Retepora Lin.

M. Fournier date le lambeau de l'Helvétien, mais avec la confusion nominale qui existait à l'époque, à la place d'Helvétien, nous devons entendre aujourd'hui Burdigalien, puisque l'auteur dit lui-même [86] : « Cette faune

est identique à celle des environs de Couronne et des bords de l'étang de Lavalduc ». Cependant cette appréciation de l'âge du gisement repose sur la présence de *P. solarium* Lamk. ; or, s'il est vrai que *P. solarium* ou une forme très voisine se trouve dans le Burdigalien supérieur de Plan-d'Aren et de Lavalduc, il n'en est pas moins vrai qu'à Sioublanc, nous nous trouvons en présence d'un Pecten qui n'est pas le *P. solarium* [cf. p. 167].

Jacquemet [112] attribue le lambeau à l'Helvétien, à cause de la présence du *P. Tournali* ; ce qui constitue une double erreur : erreur stratigraphique d'abord, que nous avons déjà signalée à plusieurs reprises, et qui consiste à ranger dans l'Helvétien les couches burdigaliennes à *P. Tournali* d'Istres et de Plan-d'Aren ; erreur paléontologique aussi, car le Pecten de Sioublanc n'est pas le *Flab. Tournali*. Il s'en distingue, à première vue, par le nombre de cotes, qui est chez celui-ci de 10 à 12 et chez le Pecten de Sioublanc de 6 à 7.

On a en réalité affaire à *Flab. latissimus*. Il se trouve dans la région au niveau du Burdigalien ; nous l'avons recueilli dans les localités classiques : Aurons, Les Baux, le Castelet, Plan-d'Aren (rare). Le gisement serait-il Burdigalien ? Nous ne le pensons pas, car ce Pecten est cité par Fontannes, dans « Les Mollusques pliocènes de la vallée du Rhône » [80] et par Sacco [186], comme Tortonien, Plaisancien, Astien, fréquent dans ce dernier étage.

Flab. latissimus traverse donc la série miocène et une partie au moins du Pliocène. Ce n'est d'ailleurs pas sans se modifier quelque peu et nous pensons, pour des raisons qui seront exposées en leur temps, que la forme de Sioublanc est une forme évoluée. *O. Boblayi* traverse aussi la série en compagnie de *O. crassissima* et se rencontre fréquemment dans le Tortonien de la Feuille d'Aix. L'échantillon de *Chl. multistriata* que nous possédons, se rapproche des formes tortoniennes.

Enfin le faciès de couleur jaune avec grains de manganèse, est celui-ci du Tortonien.

L'âge burdigalien eût été en contradiction avec l'allure générale des dépôts de ce niveau. Ils se terminent en biseau sur les pentes de la Nerthe, et n'ont que quelques mètres d'épaisseur sous l'Helvétien dans la région de Saint-Mitre.

Quant à l'Helvétien, ses dépôts diminuent graduellement en épaisseur vers l'Est, et surtout, ne sont dans la région que formations de comblement toujours stériles ou à peu près.

Il nous reste maintenant à expliquer ou tenter de le faire, la position étrange de ce lambeau. Habituellement, les dépôts miocènes couronnent en plateaux des anticlinaux secondaires arasés, s'étalent dans les plaines ou garnissent le fond de dépressions ; à Sioublanc, le gisement se trouve encaissé dans un ravin étroit, et, le seul, dans la partie orientale de la chaîne de la Nerthe. Collot (*loc. cit.*) se contente de le décrire « reposant horizontalement sur le Valanginien vertical », et invoque, selon son habi-

tube, une érosion des marnes, antérieure au dépôt. M. Repelin [165, p. 247] admet la possibilité d'une faille qui aurait coïncé le lambeau. Nous n'avons pas trouvé cette faille, il est vrai que les éboulis des pentes rendent les investigations difficiles. Quant à la stratification, elle est absolument inexistante. Dans ce ravin profond les érosions ont complètement démantelé le lambeau si tant est qu'il soit en place.

L'aspect chaotique de l'affleurement nous incline fortement à le considérer comme un véritable éboulement des dépôts tortoniens, qui durent entièrement recouvrir la pénéplaine de la Nerthe.

3° Lambeau des Valletons.

Une vallée aux bords parallèles, formée par l'érosion d'une couche verticale d'Hauterivien marneux, découpe de l'Est à l'Ouest la partie occidentale de la chaîne de la Nerthe. On y découvre un petit îlot de Tertiaire situé exactement à 1 kilomètre à l'Est des Valletons, près de la ferme appelée sur la carte au 1/20.000^e « Les Tourres ». Le faciès est une mollasse rousse à débris de coquilles et à Bryozoaires entrecoupée de lits de poudingues à petits éléments. La pauvreté en fossiles de ce petit affleurement empêche de se prononcer avec certitude sur son âge. On y a recueilli des fragments de Bryozoaires, mais nous avons vu [cf. p. 85] que, dans le Tortonien de Sioublanc, on en trouvait aussi. Nous le croirions plutôt Helvétien, à cause de sa position stratigraphique et de son altitude par rapport au Burdigalien supérieur de la vallée de Saint-Pierre. Ce petit lambeau est complètement disloqué, et l'on penserait volontiers, avec M. Repelin [165], qu'il n'est pas en place.

4° Signalons enfin, dans les calcaires jurassiques de Septèmes, des poches, mises à jour par les carrières, et que nous avons explorées avec soin. Elles contiennent un dépôt gréseux rouge vif, avec des concrétions ferrugineuses, nous n'y avons pas trouvé trace du moindre fossile, le faciès ferait penser au Sarmato-Pontique de la Foun-dou-Téoule, au Nord d'Aix, mais ce n'est là qu'une pure hypothèse, ce dépôt est peut-être simplement d'origine chimique.

CHAPITRE IX

LA VALLÉE DE LA DURANCE

La Durance est le type des cours d'eau alpins. Tantôt resserrée dans des défilés aux parois taillées en falaises, tantôt étalant de véritables plaines de galets, qui peuvent atteindre jusqu'à 5 kilomètres de largeur et que traversent de minces filets d'eau, elle roule durant des crues aussi subites que redoutables, des flots noirâtres dont le débit peut s'élever jusqu'à plusieurs milliers de mètres cubes à la seconde. Son cours sinueux décrit dans la région qui nous occupe une vaste courbe à concavité Nord. Ses changements de direction marquent chacun une étape dans l'histoire de cette rivière, qui fut probablement un fleuve miocène, puis un fleuve pliocène et quaternaire, avant de devenir un tributaire du Rhône.

Collot [20, 21, 22, 24, 30, 31] et David Martin [139, 140, 141, 142, 143] ont surtout contribué à nous faire connaître cette histoire.

Nous nous contenterons dans ce chapitre de décrire les formations miocènes que traverse la Durance, en allant d'amont en aval. Nous diviserons le cours d'eau en trois tronçons pour la commodité de la description :

- 1° Des Mées à Mirabeau.
- 2° Du pont de Mirabeau à Orgon.
- 3° D'Orgon au Rhône.

1° Des Mées à Mirabeau.

Dans cette partie de son cours la Durance, qui suit une direction Nord-Nord-Est—Sud-Sud-Ouest, couvre de ses alluvions la série plus ou moins complète des couches miocènes, de Lurs à Mirabeau.

Sur la rive droite :

Le Burdigalien supérieur forme le curieux plateau de Ganagobie, les couches à *P. præscabriusculus* et *P. latissimus* de Manosque, et un petit affleurement près de Beaumont.

L'Helvétien est bien représenté à Volx, où il contient de très nombreuses *O. crassissima*, quelques-unes de grande taille, à canal ligamentaire particulièrement allongé. Dans la région de Beaumont, Mirabeau, les Bastidannes, un faciès lacustre s'intercale dans les formations marines de cet étage. Très fossilifère près de Mirabeau, ce niveau renferme en abondance d'assez gros Planorbes rapportés dubitativement par Collot [31, p. 91] à *Pl. præcorneus* F. et T. Du Tortonien n'apparaissent qu'un témoin au pic d'Orion, près de Lurs, et une frange, de Beaumont à Mirabeau.

Toutes les formations marines passent sous les couches d'eau douce du Sarmato-Pontique, qui commencent à acquérir un beau développement. Le faciès des calcaires lacustres est particulièrement fossilifère au petit îlot de Repentance, émergeant des alluvions. Nous y avons recueilli :

Hel. Christoli Math.

Cycl. Draparnaudi Math. var. *minor* Dep. et Sayn.

Hydr. Deydieri Dep. et Sayn.

Plan. præcorneus F. et T.

Bith. leberonensis F. et T.

Limn. heriacensis Font.

Succ. primæva Math.

Sur la rive gauche :

Nous ne retrouvons plus de couches marines, sauf dans la région de Digne, de Châteaufort et de Majastre, où affleurent quelques bancs à *O. crassissima* et à *Cerithium tricinatum*, mais, par contre, le Miocène supérieur est représenté par l'énorme formation détritique de Riez, Valensole, Les Mées. Ce delta torrentiel constitué, en majeure partie, par des cailloutis à galets impressionnés, repose par endroits sur des calcaires et marnes à Hélix ; son niveau est donc l'équivalent des limons rouges à Hipparion de Cucuron et de Vaugines. On y a trouvé des débris de mammifères, notamment de mastodontes, ce qui confirmerait l'âge du dépôt. Depéret et Mayet [60, p. 147] signalent la découverte mais il n'a pas été fait d'étude détaillée de ces ossements.

2° Du pont de Mirabeau à Orgon.

La Durance change de direction, et son cours se dirige sensiblement vers le Nord-Ouest. A Mirabeau, elle passe dans une gorge étroite entre des falaises de Jurassique redressé verticalement, puis le lit s'élargit jusqu'à atteindre plusieurs kilomètres, et les alluvions viennent ennoyer la base des couches miocènes de la rive droite.

Rive droite :

Nous ne décrivons pas ces dépôts qui forment la région comprise entre

le Luberon et la Durance, ils sont trop connus par les travaux classiques de Gaudry, Fischer et Tournouer [93], de Fontannes [73], de Depéret [62], et d'autres publications moins importantes de Fischer, Tournouer, Depéret, Cottreau, Savornin, etc...

Nous avons longuement parcouru cette région, une des plus riches de la Provence, sinon la plus riche, au point de vue paléontologique. Nous avons fouillé les gisements classiques et, si nos recherches n'ont eu aucun résultat dans les Limons rouges à Hipparion, par contre, dans les Marnes bleues à petits gastéropodes de Cabrières d'Aigues, nous avons pu recueillir quelques espèces non signalées jusqu'ici ; ce sont :

GASTÉROPODES :

Bolma granosa Borson.
Turritella terebralis Lamk.
Dentalium entalis Linn.

LAMELLIBRANCHES :

Cardita scalaris Sow.
Venus præcursor May.

Au Nord de Mérindol, nous avons pu observer la transgression de trois petits lambeaux helvétiens, et non burdigaliens comme les mentionne la Feuille de Forcalquier, dans les parages des Mayorques, de Saint-Phalez et de la Font-de-l'Orme, sur le Petit-Luberon. Ce fait nous a paru très important pour des raisons que nous développerons plus loin.

Sur la rive gauche :

Les alluvions masquent moins les dépôts miocènes. Nous en avons une assez grande étendue dans la région de Jouques. C'est un grès roux passant par endroits au rose, ou même au rouge, comme au Pey de Durance, peu fossilifère. On observe dans cette région la transgression manifeste du Sarmato-Pontique. Elle se remarque le long de la route de Peyrolles à Saint-Paul-lez-Durance. On y voit les calcaires d'eau douce, qui surmontent d'abord le Tortonien, reposer finalement en bancs horizontaux sur les couches jurassiques verticales.

Nous sommes là en présence du rivage même de la mer tortonienne, car le petit chemin en lacets qui monte le long des pentes jurassiques abruptes, de la route de Saint-Paul à la Sicarde, traverse des sortes de terrasses de formations marines, reposant sur de petits paliers criblés de trous de lithophages. Nous avons ramassé des Huîtres, des Cônes, des fragments de Pecten ; ce niveau est l'équivalent des couches du Peyriguiou.

Le Sarmato-Pontique lui-même est intéressant par ses faciès très variés : calcaires d'un blanc pur, ou grisâtres, extrêmement durs, ou calcaires marneux jaunâtres, rougeâtres, ou enfin travertins avec de nom-

breuses tiges et feuilles. Nous avons recueilli des feuilles dont la nervation se rapporte assez bien à celle de *Ficus Colloti* Sap., trouvé par Collot dans la localité, et une fougère du genre *Goniopériss*. Il nous a paru que des recherches plus profondes amèneraient d'intéressantes découvertes ; peut-être aurons-nous plus tard l'occasion de nous y livrer.

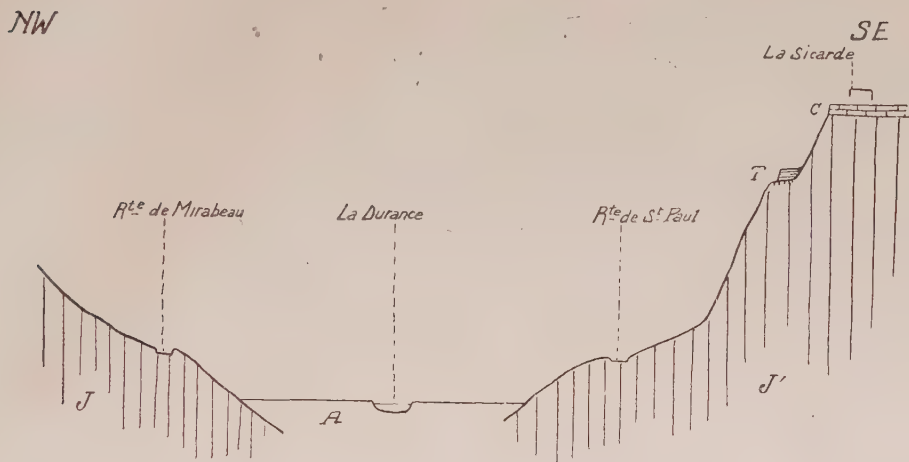


Fig. 21. — Coupe Nord-Ouest—Sud-Est en amont du seuil de Mirabeau par la Sicarde.

C : Calcaires à *Helix Christoli*.

T : Lambeau de Tortonien tout à fait supérieur, sur un palier criblé de perforations de lithophages.

A : Alluvions de la Durance.

JJ' : Jurassique vertical.

Vers l'Ouest les alluvions bordent les escarpements de la Chaîne des Costes, dont nous avons décrit les affleurements miocènes ; de ces alluvions émerge l'îlot tertiaire de Mallemort où l'on voit sur l'Éocène, le Burdigalien supérieur, plongeant fortement vers le Nord, et rempli de galets. Le même niveau borde les lambeaux de Rognacien de Pont-Royal.

Dans la région de Lamanon ce sont des affleurements helvétiques : au Défends d'Alleins, à la fontaine Saint-Denis et à la Baronnerie.

3° D'Orgon au Rhône.

La Durance traverse de vastes plaines alluviales. Le Miocène qui en forme le substratum, affleure sous forme de lambeaux isolés par l'érosion, ou plaqués contre les massifs secondaires de bordure : Luberon, Monts de Vaucluse, Alpines, Montagnette, Chaîne des Angles.

ÉTUDE TECTONIQUE DE LA RÉGION

Nous sommes ici à la limite de notre sujet, car la région de Mirabeau constitue la « charnière » entre les plis à direction pyrénéenne et les plis à direction alpine. Jusqu'ici nous n'avons guère observé dans les couches miocènes que des plongements Nord ou Sud. Le Luberon continue la série des plis Est-Ouest. C'est un grand anticlinal de terrains crétacés qu'a recouvert, au moins en partie, la mer miocène, doit les dépôts plongeant au Nord et au Sud.

Au Nord la pente est douce, et les affleurements miocènes très importants de Goult, Ménerbes, Bonnieux, Auribeau, Reillanne, Forcalquier, ont été préservés de l'érosion par le vaste synclinal dans lequel ils s'étalent.

Au Sud, nous retrouvons ce que nous avons constaté pour les Alpines et la chaîne des Costes : le plongement est brutal, vertical même, et le contact se fait par faille sur une grande longueur.

Un anticlinal accessoire accompagne le pli principal, et cela semble aussi une loi régionale. Cette deuxième ride influence les couches miocènes comme le montrent clairement les coupes de Fontannes [73], les traverse même, par le pointement hauterivien de la Deboulière, au Sud de Vaugines.

Mais ce qu'il y a de plus remarquable dans cette zone, c'est le changement de direction vers le Nord, de tous les accidents tectoniques de la région, que nous mettrons en évidence dans notre Troisième Partie.

CHAPITRE X

LA VALLÉE DU COULON ET LE BASSIN DE FORCALQUIER

Nous décrirons sous ce nom les larges affleurements qui s'étalent tout le long de la bordure septentrionale du Luberon.

Cette région, pourtant si intéressante, a été peu étudiée au point de vue Miocène. Les seules investigations de nous connues, depuis celles de Scipion Gras [105], sont celles de Kilian [121], dont les études sur la Montagne de Lure confinent au bassin tertiaire de Forcalquier, et de Depéret à qui nous devons la Feuille de Forcalquier, pour la partie tertiaire et quaternaire. La légende de cette Feuille serait complète, si elle comportait la subdivision en deux, de l'étage burdigalien, subdivision qui existe dans la Feuille limitrophe d'Avignon.

EXAMEN STRATIGRAPHIQUE

Nous avons tracé la démarcation entre le Burdigalien inférieur et supérieur, non avec un grand détail, mais avec la seule exactitude requise pour l'échelle au 1/200.000^e de notre carte d'ensemble.

Le Burdigalien inférieur débutant par un poudingue quand il est transgressif, il en sera presque partout dépourvu dans la région qui nous occupe, où il succède généralement à l'Aquitaniien en continuité parfaite de faciès sinon de faune.

Ce sous-étage est constitué, comme partout ailleurs, par des formations de comblement ; ce sont, dans la Combe de Lourmarin, dans les parages de Bonnieux et de Lacoste, des sables verdâtres ou jaunâtres sans fossiles ; vers Lincel, Saint-Michel, Forcalquier, des marnes bleuâtres avec de nombreux moules de bivalves, faune et faciès rappelant un peu le dépôt synchrone de Saint-Mitre, mais avec une puissance incomparablement plus grande. La discrimination de ce niveau est rendue difficile par sa concor-

dance parfaite avec l'Aquitanien. Celui-ci ne se distingue que par un caractère négatif : l'extrême rareté des fossiles.

Le *Burdigalien supérieur* ne comporte plus les mollasses à débris de coquilles et les lumachelles des bords de l'étang de Berre. Les faciès indiquent une eau plus profonde, ce sont des calcaires gréseux jaunâtres à *P. subbenedictus* Font., des marnes blanches sans fossiles, ou des calcaires grossiers à *Chl. præscabriuscula*, *Ech. hæmisphericus*, *Flab. simplex* Mich. La plupart du temps ces fossiles sont imprégnés de silice, qui se décèle dans le test par ses orbes concentriques.

L'*Helvétien* est représenté par des sables jaunes, sans fossiles ; consolidés en grès, ils supportent le village de Ménerbes ; près de Mane, nous y avons trouvé des *Ripple-Marks*.

Les étages supérieurs font complètement défaut.

ÉTUDE TECTONIQUE

Les larges affleurements miocènes qui longent la bordure septentrionale du Luberon sont plissés en synclinal. Les eaux ont suivi les pentes normales, et des petits ruisseaux en marquent l'axe. De l'Ouest à l'Est, c'est d'abord le Coulon ou Calavon, puis, à partir de Céreste, son affluent l'Encrème ; dans la région de Lincel, c'est la Largue, affluent de la Laye ; enfin le synclinal suivant la courbe du Luberon oblique vers le Nord-Est.

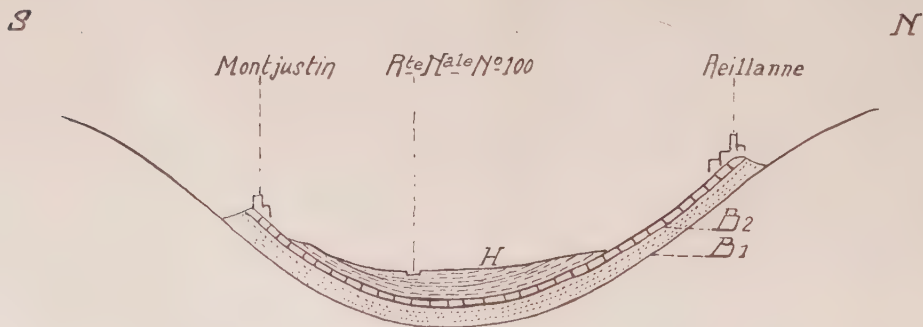


Fig. 22. — Coupe Nord-Sud par Reillanne et Montjustin.

H : Helvétien.

B2 : Burdigalien supérieur.

B1 : Burdigalien inférieur.

Le plongement des couches est assez régulièrement symétrique : Nord et Sud, de la plaine du Comtat à Villemus. La structure synclinale est particulièrement nette sur une coupe passant par Reillanne et Montjustin.

A partir de Villemus il se produit une véritable torsion des couches burdigaliennes, et le plongement devient Nord-Ouest—Sud-Est.



Fig. 23. — Croquis de la région de Villemus, d'après la carte géologique et nos propres observations, montrant la torsion des couches burdigaliennes.

Vers Niozelles la structure synclinale s'estompe et les plongements deviennent dans l'ensemble Est-Sud-Est participant à la formation du versant occidental de la dépression Durancienne.

TROISIÈME PARTIE

Ayant passé en revue, avec le plus de précision possible, les successions miocènes locales de la Basse-Provence, il nous reste à étudier maintenant l'âge, la nature, l'intensité des mouvements qui en portèrent les dépôts à des altitudes si variées, avec des plongements parfois si prononcés. Et c'est précisément dans cette troisième partie qu'apparaîtra la nécessité absolue où nous nous sommes trouvé, de préciser rigoureusement l'âge de toutes les formations. Nos devanciers, n'ayant sur les subdivisions du Miocène que des notions plus ou moins vagues, comme en témoigne la Feuille d'Arles et celle d'Aix, mirent quelquefois en concordance stratigraphique des couches d'âges divers.

Il leur était impossible de préciser les limites des transgressions, et même, ainsi que nous allons le voir, d'établir de façon suffisamment nette la nature des mouvements post-miocènes. Mais, ces mouvements épirogéniques positifs, dont la détermination sera la conclusion de notre étude, furent précédés de mouvements inverses qui amenèrent les transgressions miocènes. Il nous fallait les étudier.

D'autre part, les limites de ces transgressions furent naturellement en rapport étroit avec la topographie antérieure, avec l'âge et surtout la nature des couches du substratum, dont la plus ou moins grande résistance à l'érosion leur opposa des barrières ou leur ouvrit des passages. Nous avons donc cherché à rétablir ce qu'était la Basse-Provence, avant l'ingression sur son territoire des eaux de la mer miocène.

Notre troisième partie se subdivisera en trois sections :

1. La topographie de la Basse-Provence avant les transgressions miocènes.
2. Les mouvements épirogéniques négatifs et les transgressions miocènes.
3. Les mouvements positifs post-miocènes.

LA TOPOGRAPHIE DE LA BASSE-PROVENCE AVANT LES TRANSGRESSIONS MIOCÈNES

En 1912, Collot [31, p. 96] écrivait : « Depuis longtemps j'avais été frappé par les lignes horizontales du paysage qu'on découvre lorsqu'on regarde des points élevés des environs d'Aix vers le Sud ou vers l'Ouest. Dans l'Ouest, la silhouette anguleuse des Alpilles contraste avec cet aspect de plateau ». Et l'auteur continue en considérant quelques anticlinaux arasés : la Nerthe, la Chaîne de la Fare, et conclut à l'existence d'une pénéplaine « ayant servi de fond à la mer miocène ».

Encore une fois, nous partageons les vues de ce savant, nous réservant seulement d'apporter des précisions sur cette topographie sous-marine de la mer miocène, dont il n'eut que l'idée générale.

L'« aspect de plateau » remarqué par Collot est dû en réalité à deux effets de l'érosion aérienne : l'arasement des plis dans lesquels sont engagés les terrains secondaires, et la réduction au même plan horizontal de couches moins accidentées, souvent subhorizontales, du Crétacé supérieur ou du Tertiaire inférieur, représentées dans les bassins qui séparent les anticlinaux.

Enfin certaines zones, vallées de l'époque ou dépressions tectoniques, se trouvaient à l'arrivée des eaux miocènes à un niveau inférieur à celui de la pénéplaine ; elles furent envahies les premières. Trois chapitres vont donc examiner :

- I. Les anticlinaux secondaires arasés.
 - II. La surface nivelée des bassins formés de Crétacé supérieur et de Tertiaire inférieur.
 - III. Les dépressions anté-miocènes.
-

CHAPITRE I

LES ANTICLINAUX SECONDAIRES ARASÉS

Successivement, en allant du Sud au Nord et de l'Ouest à l'Est, nous étudierons :

La Chaîne de la Nerthe.
La Chaîne de la Fare.
Le Plateau du Peyriguiou, Roques-Hautes, la Keyrié.
La région de Labarben.
Le Socle de Vernègues.
Le Plateau de Bèdes.
Les Plaines d'Orgon-La Caume.
Le Petit-Luberon.

Puis nous émettrons l'hypothèse de l'existence d'un socle de terrains secondaires, analogue aux précédents, dans les profondeurs de la Crau.

Enfin, comme conclusion de ce chapitre, nous tâcherons de préciser l'âge des plis ainsi que la nature et la date de leur arasement.

I. — La Chaîne de la Nerthe.

Nous constatons un aplanissement manifeste de la chaîne, depuis son extrémité occidentale qui plonge sous les eaux du Golfe de Fos, jusqu'aux environs de Septèmes où, brusquement, elle s'élève pour faire place à la Chaîne de l'Étoile.

Cet aplanissement, Collot le remarquait, avons-nous dit, en 1912 ; tout récemment, en 1924, M. Denizot [42, pp. 397-398], l'a signalé à son tour sans toutefois lui donner la même origine que nous.

Pour le moment, il nous suffit de le constater.

Il recoupe des terrains secondaires variés, urgoniens principalement et néocomiens dans la partie occidentale, jurassiques et surtout dolomitiques, dans la partie orientale.

Ce n'est pas à dire que la chaîne soit ramenée à un plan rigoureusement horizontal ; on note plutôt un plan oblique, ou mieux une série de plans plongeant doucement vers l'Ouest, entre lesquels on peut légitimement admettre une continuité que des vallées transversales n'arrivent pas à masquer.

L'extrémité occidentale est presque entourée par une plate-forme d'abrasion marine, particulièrement bien visible dans les parages de Port-de-Bouc et de La Couronne, plate-forme sur laquelle repose le Burdigalien supérieur. Cette plate-forme inclinée de 0 à 65-70 mètres, n'étant pas due à l'érosion aérienne, nous n'avons pas à nous en occuper ici.

Au Sud de la vallée de Saint-Pierre, se distingue un premier plan qui, de l'altitude de 100 mètres au Nord du Verdon, s'élève graduellement jusqu'à 120 mètres, au niveau de la Folie. Le vallon du Grand-Vallat délimite ce plan à l'Est. Quoique découpé par l'érosion, il est encore parfaitement reconnaissable ; un coup d'œil sur les plans directeurs en montre l'existence.

A l'Est du méridien de Sausset, se trouve le segment le plus caractéristique. Profondément entamé par l'érosion, tranché par la longue dépression creusée dans l'Hauterivien de Valtrède, par la dépression dans l'Aptien de Romaron, scindé du Nord au Sud par les vallons qui font communiquer le Rouet et Châteauneuf-les-Martigues par le Val-de-Ricard, érodé plus facilement suivant les marnes aptiennes d'Ensuès, le plan n'en témoigne pas moins d'une remarquable surface arasée sur toute la largeur de la chaîne.

Les cotes d'altitude sont toutes au voisinage de 200 ; une photographie [Cf. Pl. V, n° 1], prise à l'Est d'Ensuès, donne bien une idée de cette surprenante horizontalité.

En continuant vers l'Est, la plate-forme devient moins nette ; encore visible sur le rebord septentrional de la chaîne, elle disparaît progressivement vers le Sud.

Dans la région du Jas-de-Rodes, nous retrouvons encore des segments d'une autre plate-forme, étagés entre 250 et 275 mètres.

Un dernier vestige d'aplanissement est encore visible à l'Est de Septèmes, à l'altitude de 275 mètres, au pied des premiers escarpements de l'Étoile.

Ainsi nous est apparue la Nerthe ; un profil rendra plus concret l'ensemble de nos observations [Cf. Pl. XI, n° 1].

Faut-il considérer, comme le fait M. Denizot (*loc. cit.*), la surface sensiblement plane qui s'étale au Sud et au Sud-Est de la Chaîne de l'Étoile comme un prolongement de la plate-forme de la Nerthe ? La considération de ses cotes d'altitude toutes comprises entre 260 et 300 mètres nous induit à le croire, bien que l'horizontalité y soit moins nette que sur la Nerthe.

II. — La Chaîne de la Fare.

L'infrastructure de cette chaîne, qui domine au Nord la vallée de l'Arc, de Saint-Chamas à Éguilles, est loin de présenter les complications tectoniques de la Nerthe ; aussi n'a-t-elle pas donné lieu à controverses, on s'accorde à y voir un grand anticlinal assez simple, formé en grande partie de Néocmien. Au fond, on peut considérer comme un seul et même anticlinal à très grand rayon de courbure, la région comprise entre la basse vallée de l'Arc et celle de la Durance ; mais des accidents notables, failles et plis, autorisent une subdivision géologique, qu'exige du reste la géographie de la région. Nous envisagerons donc la Chaîne de la Fare comme limitée au Nord par le petit synclinal, qu'emprunte la route de Pélissane aux Quatre-Termes et qui laisse apparaître le calcaire berriasien et la dolomie près de Saint-Jean-de-Brénasse.

Ainsi comprise, la chaîne présente, sur à peu près toute sa surface, un remarquable aplanissement.

Dans le sens transversal, cet aplanissement a intéressé principalement l'Hauterivien, mais aussi l'Urgonien. Celui-ci, qui prédomine sur toute la bordure méridionale de la chaîne, plongeant au Sud, a certainement recouvert d'Hauterivien et participé à ses mouvements. On peut légitimement l'unir par la pensée à celui de Vernègues.

Le revêtement ne se borna du reste pas à l'Urgonien ; au-dessus de lui devaient se superposer des couches crétacées plus récentes ; des calcaires à *Biradiolites cornupastoris* et à *Hippurites* affleurent, en effet, très redressés, au Sud de la chaîne.

Le plan d'arasement n'est pas rigoureusement horizontal ; il s'incline vers l'Ouest, d'abord doucement, puis le plongement s'accroît dans la partie tout à fait occidentale, à partir du Signal de Saint-Chamas [Cf. Pl. XI, n° 2].

De l'Ouest à l'Est, la surface crétacée présente :

Aux environs de Saint-Chamas, de Saint-Léger et du canyon de la Touloubre, une surface d'une horizontalité presque rigoureuse à l'altitude de 20-25 mètres, recoupant des couches crétacées qui plongent nettement au Nord-Ouest [Cf. Pl. V, n° 2 ; Pl. VI, n° 1].

Cette première plate-forme, malgré son horizontalité remarquable et sa faible altitude, nous paraît très différente de celle qui termine à l'Ouest la chaîne de la Nerthe. Elle n'est pas du même âge que celle-ci, car elle porte de l'Helvétien transgressif ; elle se trouvait donc à l'époque burdigalienne à une altitude supérieure. Nous avons tout lieu de croire que la plate-forme de Saint-Chamas fait partie intégrante de la pénéplaine de la Fare et que son altitude actuellement inférieure provient d'un fléchissement du substratum en rapport avec l'effondrement post-burdigalien de la Crau.

De 25 à 75 mètres, le terrain s'élève vers l'Est assez rapidement.

Entre 75 et 200 mètres, l'érosion a fortement entamé la chaîne ; la surface plane, ne se reconnaît plus que sur des monticules arasés.

Enfin, vers 200 mètres, nous retrouvons le large plateau remarqué dans la Nerthe à la même altitude.

Plus à l'Est les couches s'élèvent jusque vers 280 mètres, et la chaîne s'enfonce sous les dépôts oligocènes d'Éguilles.

III. — Le Plateau du Peyriguïou, Roques-Hautes, la Keyrié.

Sur le parallèle de la Chaîne de la Fare, on trouve vers l'Est un nouveau pli : celui de Sainte-Victoire. Les deux accidents sont bien distincts, comme l'a montré Marcel Bertrand [7, p. 7], qui fait passer par le bassin tertiaire d'Aix, la plus occidentale de ses « bandes transversales ».

A peu de distance à l'Est de la ville d'Aix, s'élève brusquement la paroi faillée du plateau du Peyriguïou (Cf. p. 81), montrant sur sa tranche trois horizons du Lias. Ce plateau, recouvert d'un épais revêtement de Tortonien, n'est autre qu'un anticlinal jurassique arasé, le début du pli couché qui forma Sainte-Victoire ; la série de coupes que donne Collot dans sa thèse, de la vallée de Vauvenargues [22, p. 11], le montre clairement. Cet auteur avait remarqué la vue saisissante que l'on a du Barrage Zola, sur la paroi verticale du socle, côté Est.

Déduction faite des épaisseurs de Miocène, le plateau du Peyriguïou est à une altitude de 330 à 345 mètres. A l'Est, il se prolonge le long de la vallée de Vauvenargues, portant des lambeaux de Miocène. Profondément entaillée au Sud-Est, par le torrent des Infernets, cette plate-forme se retrouve formée par des couches très redressées et parfaitement aplanies de calcaires et de brèches éocènes, dominant la dépression de Roques-Hautes, vers 370 mètres.

Enfin, au Nord de la vallée de Vauvenargues, les couches jurassiques, plongeant au Nord-Ouest, sont arasées en un vaste plateau, dominé par la tour de la Keyrié. Sans être bien horizontal, puisque ses cotes s'échelonnent entre 410 et 480 mètres, il présente néanmoins une surface si exempte de saillies, qu'il est impossible de ne pas le comprendre dans le système d'aplanissement du Peyriguïou.

IV. — La région de Labarben.

Au Nord du petit synclinal, qu'emprunte la route de Pélissane à Éguilles et qui sert de limite septentrionale à la Chaîne de la Fare, l'Hauterivien

PLANCHE V

PLANCHE V

1. La pénéplaine de la Nerthe à la cote 200 et la dépression dans les marnes aptiennes d'Ensues.

2. L'arasement de Saint-Chamas, entaillé par le canyon de la Touloubre, supporte les formations helvétiques et tortoniennes subhorizontales et transgressives.





1



2

se soulève de nouveau en un large repli qui peut à peine porter le nom d'anticlinal et qui disparaît au Nord, sous les dépôts miocènes, entre Pélissane et Lambesc.

Cette région est complètement aplanie ; ses cotes se maintiennent avec une remarquable constance aux environs de 200 mètres. La Touloubre, et son affluent le ruisseau de Concernade, ont tranché le Crétacé en véritables petits canyons dont les parois présentent de belles coupes naturelles.

V. — Le Socle du Vernègues.

Il est délimité, au Nord, par la vallée de la Durance ; au Sud-Est, par la dépression de Château-Bas, prolongée jusqu'au pied de Notre-Dame-du-Val-de-Cuech. De ce point, une ligne passant par le coude du vallon de Tallagard et rejoignant Pessègue, le circonscrit au Sud-Ouest. Enfin, la route de Salon à Lamanon peut être considérée comme sa bordure orientale.

Formé de terrains néocomiens et urgoniens plongeant au Nord-Ouest avec pendage de quelques 60°, ce socle est parfaitement visible soit au Nord d'Aurons [Cf. Pl. VI, n° 3], soit dans les parages des Tourettes [Cf. Pl. VI, n° 2], mieux encore peut-être, dans toute la partie située au Sud-Ouest d'Alleins. L'aplanissement se maintient avec une remarquable constance aux environs de 280 mètres. Des dépôts helvétiens et tortoniens, forts d'une centaine de mètres au signal de Vernègues, le masquent partiellement, mais par leur relative horizontalité, le rendent plus frappant sur sa périphérie. C'est ce que montrent nos photographies.

Dans la partie tout à fait occidentale qui domine la route de Lamanon, le socle, profondément raviné, se termine par une paroi à pic, dans laquelle Collot [31, p. 52] devinait une faille ; nous apportons dans le cours de notre étude quelques arguments en faveur de cet accident, dont l'existence nous paraît certaine.

VI. — Le Plateau de Bèdes.

Situé à peu près sur le parallèle de Vernègues, le plateau de Bèdes est compris entre la vallée de la Durance, le ruisseau de Jouques et les hauteurs de Lingouste.

Formé de Crétacé au Sud, de Jurassique vers le Nord, manifestement arasé vers 400 mètres, il est partiellement recouvert de Tortonien supérieur et de Miocène lacustre. L'aplanissement est surtout remarquable à la cluse de Mirabeau, où les bancs jurassiques sont absolument verticaux, et nettement tranchés sur un plan horizontal mis en évidence par les couches à *Helix Christoli* du Sarmato-Pontique [Cf. fig. 21].

PLANCHE VI

PLANCHE VI

1. L'arasement de Saint-Chamas, portant l'Helvétien transgressif de la cote 66 (à la gauche du cliché).

2. Le socle du Vernègues, vu du côté Ouest, montre un plan d'arasement très net. Sur une épaisseur insignifiante de sables helvétiques, le Tortonien débute par un entablement qui se détache en blanc sur la végétation.

3. Le socle du Vernègues, du côté Sud, mêmes observations.



1



2



3

la Caume, au Sud-Est de Saint-Rémy, joindrait les Plaines par l'intermédiaire d'une crête de Barrémien supérieur, par endroits aplanie et qui se maintient à une altitude lentement décroissante de 386 à 300 mètres ».

VIII. — Le Petit-Luberon.

Séparé du plateau que nous venons d'examiner, par le cours étroit de la Durance entre Orgon et Cheval-Blanc, se dresse le Luberon. Anticlinal simple de Crétacé inférieur, cette chaîne présente les mêmes niveaux du Barrémien que les Plaines. La proximité des deux territoires les ferait unir par la pensée. En réalité, l'étude des plongements montre clairement que leur séparation n'est pas le seul fait de l'érosion.

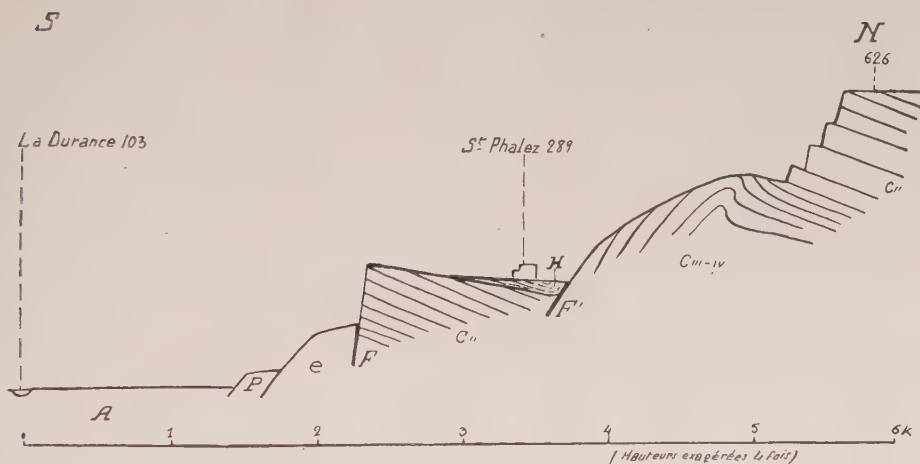


Fig. 25. — Coupe Nord-Sud du Luberon par Saint-Phalez.

H : Helvétien.

A : Alluvions quaternaires de la Durance.

P : Pliocène, marnes plaisanciennes.

e : Eocène.

c¹¹ : Urgonien.

c¹¹⁻¹⁴ : Barrémien-Hauterivien.

F, F' : Failles.

Mais ce qui nous intéresse actuellement, c'est la présence autour de la terminaison occidentale du Luberon, d'une plate-forme arasée. L'aplanissement est manifeste sur une carte à petite échelle. Sur le terrain, il est plus difficilement constatable, car des accidents tectoniques et de profondes érosions empêchent d'avoir une vue d'ensemble. La partie méridionale de cette plate-forme, que nous avons plus spécialement étudiée, et

qu'on appelle dans le pays « Petit-Luberon », se termine par une paroi escarpée et subit après le Miocène, un mouvement de bascule du Sud au Nord avec faillé, qui redressa verticalement les couches du lambeau helvétique de Saint-Phalez.

Près de cette ferme, nous avons relevé la coupe représentée à la fig. 25.

La tête arasée des bancs barrémiens, est criblée de perforations de lithophages.

Si la mer helvétique a recouvert le Petit-Luberon comme nous en avons ainsi la preuve, il n'a pu en être autrement des Plaines d'Orgon distantes de 5 kilomètres à peine, de même structure géologique et d'altitude moindre.

Le Socle de la Crau.

Nous avons à parler d'un autre socle crétacé actuellement invisible et qui existerait sous la Crau.

Qu'il y ait du Crétacé sous la Crau, cela ne fait de doute pour personne. Sur sa bordure orientale, on voit l'Urgonien, l'Hauterivien et le calcaire de Berrias, s'enfoncer sous les dépôts miocènes ou quaternaires. Sur sa bordure septentrionale, nous retrouvons l'Hauterivien à Eyguières, à Aureille, au Sud de Mourières et jusqu'à Arles. Le calcaire berriasien a été soigneusement déterminé par Carez [14] dans les parages de Mourières. Il y a donc du Crétacé inférieur sous la Crau.

Ce Crétacé inférieur est affecté d'une dénivellation importante avec celui du socle de Vernègues et de la Caume, recouvert de dépôts synchrones. Était-il également aplani? Nous l'admettons et donnerons plus loin des précisions sur l'origine tectonique de la Crau.

*
* *

Il nous reste maintenant à tirer les conclusions de ce chapitre.

Un certain nombre de plis, plus ou moins arasés surtout dans leur partie occidentale, traversent la Basse-Provence.

Quel est l'âge de ces plis? Leur direction déjà les date. Orientés sensiblement de l'Ouest à l'Est, nous y reconnaissons l'influence pyrénéenne. Dans ces « chaînons provençaux », les mouvements commencèrent après le début de l'Éocène, comme en témoignent les couches redressées du Cengle, dont les plus élevées appartiennent à la base de ce Système.

Leur phase maxima doit très probablement se localiser à la fin de l'Éocène moyen et au début de l'Éocène supérieur. Il résulte en effet des travaux précis de Vasseur sur le Bassin d'Aix-en-Provence [203], qu'au Bartonien correspond une lacune qui comprend aussi la base du Ludien. Ce dernier

étage ne serait représenté que par le calcaire de Saint-Pons à *Planorbis crassus*, calcaire qui est déjà notablement discordant sur l'Éocène inférieur et même sur le Lutétien à *Bulimus Hopei*. Les mouvements se poursuivent pendant toute la fin de l'Éocène. Le début de l'Oligocène les trouve terminés. Le Sannoisien d'Allauch repose, sensiblement horizontal, sur les tranches arasées du Trias et du Jurassique. Celui de Saint-Pierre, près Martigues, se termine, en place, contre l'Urgonien redressé des Ventrons, il est donc postérieur par conséquent aux grands accidents de la Nerthe.

Dès l'Aquitaniien commence une phase épirogénique négative et, d'après nous, débute aussi l'aplanissement des plis provençaux dans leur partie occidentale.

Mais quelle est la nature de cet aplanissement ? S'agit-il d'abrasion marine ou d'érosion aérienne ?

Nous savons les controverses que souleva le terme et le phénomène lui-même. D'aucuns voulurent voir dans toutes les surfaces aplanies l'action de la mer (Ramsay, Barrel, Johnson [113]) ; d'autres, ne pouvant concevoir que l'action marine pût avoir cette modalité sur de si grandes surfaces, se ralliaient à la notion de pénéplaine telle que l'a mise en lumière A. de Lapparent [125].

Les controverses semblent apaisées sur ce point, on admet la possibilité des deux phénomènes, on admet qu'il y a des pénéplaines ; nous avons la conviction que la Basse-Provence en fut une à un moment donné de son histoire. L'aplanissement d'une telle surface semble plutôt en rapport avec un niveau de base persistant qu'avec l'action d'une transgression marine, qui se fait toujours de façon plus ou moins discontinue, et nous aurait laissé, nous semble-t-il, plusieurs paliers. Or, nous n'en discernons qu'un, plus ou moins déformé par les mouvements ultérieurs. Nous ferons toutefois observer que la mer miocène, submergeant la pénéplaine, dut par endroits parfaire l'aplanissement ; c'est ce que l'on peut observer notamment aux alentours de Saint-Chamas, où les bancs crétacés sont littéralement rasés.

A quelle époque se forma cette pénéplaine ? Il est *a priori* certain que son aplanissement doit correspondre à une période d'érosion continentale et donc d'émersion de la Basse-Provence. Ces conditions se trouvèrent réalisées durant la fin de l'Éocène et l'Oligocène.

L'Éocène étant une période d'activité tectonique intense, il nous faudrait localiser la formation de la pénéplaine à partir du Sannoisien. Mais le Stampien étant lui-même probablement intéressé par l'aplanissement entre Saint-Cannat et Labarben¹, le cycle d'arasement ne peut être repéré avec certitude qu'à la période aquitanienne.

¹ Cet affleurement marqué sur la feuille d'Aix *e*³ doit être rangé dans le Stampien, comme il appert des recherches de M. Repelin [170], sur les Mammifères des argiles synchrones des Milles.

Nous constatons d'abord que nous n'avons nulle part des dépôts aquitaniens marins sur la pénéplaine. D'autre part, le niveau de base, la mer aquitanienne, n'était pas loin ; les couches saumâtres du Cap Janet le font pressentir ; les dépôts marins et saumâtres de Carry, se forment au pied de la plate-forme de la Nerthe, où le littoral est identifié avec certitude par la présence d'une plage assez continue, formée uniquement de petits galets urgoniens, évidemment roulés sur place.

Vers l'Ouest, le rivage aquitanien nous est inconnu, mais sûrement assez rapproché, car si, à notre avis du moins, il ne se creusait pas en golfe dans la vallée du Rhône, comme l'a pensé M. Joleaud [Cf. p. 22], il se retrouve avec certitude dans l'Hérault.

L'Aquitaniien fut d'ailleurs une période d'érosions intenses, comme en témoignent les énormes formations de poudingues du Bassin de Marseille, et celles du Rouet qui semblent bien se rapporter au début de cet étage. Il est vrai que ces poudingues contiennent un certain nombre de roches anciennes d'apport lointain, mais on y trouve aussi en grande quantité des galets d'âge secondaire, que les cours d'eau durent arracher aux socles environnants.

Nous verrons plus loin que c'est à l'époque burdigalienne que se paracheva la formation de la pénéplaine.

CHAPITRE II

LA SURFACE NIVELÉE DES BASSINS FORMÉS DE CRÉTACÉ SUPÉRIEUR ET DE TERTIAIRE INFÉRIEUR

La pénéplanation ne peut être affirmée avec certitude que lorsqu'une région « montre en profondeur des couches inclinées ou disloquées, qui toutes affleurent par leur tranche sur une même surface terminale peu différente d'un plan ».

Ainsi A. de Lapparent définit la pénéplaine dans sa *Géographie physique* [125, p. 159] et l'on ne saurait mieux le faire ; mais il résulte de cette définition, comme l'auteur le reconnaît lui-même quelques lignes plus haut, qu'on ne peut considérer comme pénéplaine « un massif horizontalement stratifié qui... peut demeurer couronné par une couche plus dure que les autres, à laquelle l'effort de l'érosion subaérienne se sera arrêté ».

Tout en tenant compte de ces principes, nous nous permettrons d'appeler Pénéplaine de la Basse-Provence, l'ensemble de la surface aplanie, quel que soit l'âge et la structure de son substratum. Néanmoins, nous allons, dans ce chapitre, examiner à part la surface des bassins situés entre les plis et constitués par des formations moins anciennes.

Entre les chaînes de terrains secondaires qui traversent le pays de l'Ouest à l'Est, se trouvent des couches plus jeunes appartenant au Crétacé supérieur, à l'Éocène ou à l'Oligocène. Ces couches ont été intéressées de façon très variable par les mouvements pyrénéens. Les plus anciennes y participent entièrement ; d'autres, dont l'extension fut limitée par les plis ne sont plus affectées qu'à leur périphérie ; les plus jeunes enfin, n'en subissant que des contre-coups.

Ces formations, d'origine saumâtre ou lacustre, avec des âges divers, n'en ont pas moins été ramenées en certains points, par l'érosion continentale, au niveau des socles qui les limitent aujourd'hui.

Nous allons étudier successivement :

- 1° Le Bassin de l'Arc.
- 2° La Dépression d'Aix et la Vallée de la Touloubre.
- 3° Le Bassin de la Durance.

1° Le Bassin de l'Arc.

Limité au Nord, par la Chaîne de la Fare et celle de Sainte-Victoire, au Sud, par la Nerthe, l'Étoile et l'Olympe, cette région fut depuis la fin du Secondaire, un véritable géosynclinal qui s'est rempli de formations saumâtres et d'eau douce. On y trouve toute la série fluvio-lacustre du Crétacé supérieur, la série Éocène à peu près complète, le Sannoisien, très probablement représenté par le calcaire de Luynes, le Stampien avec les argiles des Milles ; enfin l'Aquitaniien lui sert de bordure entre la Fare et Sainte-Victoire.

Les couches du Crétacé supérieur ont subi le mouvement pyrénéen dans toute son ampleur, comme en témoignent, par exemple, le Rognacien vertical formant crête, du Pas-des-Lanciers aux Pennes aussi bien que le renversement du Valdonnien et du Fuvélien entre Simiane et Mimet.

L'Éocène qui s'étale horizontalement près des Pennes, plonge au Nord-Est dans la plaine d'Arbois ; de Cabriès à Meyreuil, il plonge au Nord-Ouest ; de sorte que l'on peut dire que de Ventabren à Meyreuil, le Système plonge en demi-cercle autour de la cuvette d'Aix. De Meyreuil à Puyloubier, les couches éocènes suivent le pendage du Crétacé supérieur. Aux endroits les plus proches des chaînes de bordure : Ventabren, Saint-Antoine, l'Éocène inférieur est fortement redressé.

L'Éocène supérieur est discordant sur l'Éocène inférieur et beaucoup moins accidenté que lui.

Le Sannoisien de Luynes suit le pendage du substratum éocène.

Le Stampien des Milles est discordant sur les formations inférieures, et très peu incliné.

Si nous faisons abstraction des failles post-miocènes d'Aix et que nous exhaussions par la pensée la cuvette de la ville d'une centaine de mètres, ce qui la placerait au niveau du Peyrignou et du plateau de la Touloubre, les plongements périphériques de l'Éocène perdraient, au moins en grande partie, leur raison d'être.

D'où nous nous croyons en droit de conclure que la transgression miocène trouva, entre les chaînes arasées de la Nerthe et de la Fare, des couches subhorizontales de l'Éocène et de l'Oligocène.

De plus ces couches, quelle que fût leur inclinaison, étaient aplanies par l'érosion continentale de l'Aquitaniien, qui se poursuivit pendant le Burdigalien ; cela ressort de la constance des cotes d'altitude.

Entre les Pennes, Cabriès et Ventabren, les points culminants de la plaine éocène d'Arbois se maintiennent entre 200 et 250 mètres. Le Montaiquet qui se trouve sur le méridien du Peyrignou, et sensiblement à la même altitude que lui, présente un aplanissement très net de même que l'Éocène de la région de Roques-Hautes.

De sorte que si, de la rive occidentale de l'étang de Berre, on regarde vers l'Est, on ne voit qu'une immense ligne à peu près horizontale, formée par la chaîne de la Fare, la plaine d'Arbois, la chaîne de la Nerthe ; en arrière-plan, par la plaine de la Touloubre, le plateau du Peyrignou et le Montaignet [Cf. Pl. XII, n° 1].

Au-dessus de ce vaste plan faiblement incliné vers l'Ouest, qui servit de fond à la mer miocène lors de sa plus grande extension, se dressent les arêtes de l'Étoile, de l'Olympe et de Sainte-Victoire, limites du bassin de l'Arc.

2° La Dépression d'Aix et la Vallée de la Touloubre.

Entre le pli de la Fare et le pli de Sainte-Victoire, entre la Chaîne des Costes et le Massif de Concors, dut exister, après la formation de ces accidents, une dépression dans laquelle se formèrent des dépôts oligocènes. Ils viennent, en quelque sorte, colmater l'intervalle compris entre les chaînes de la Fare et de Sainte-Victoire. S'étalant largement vers l'Ouest, ils comblent partiellement la région qui s'étend entre la Fare et les Costes.

Ces dépôts oligocènes ont-ils été intéressés par l'aplanissement ? Comme nous l'avons déjà dit [Cf. p. 111], le Stampien le fut probablement près de Labarben. L'Aquitaniien n'en montre aucune trace ; le fait ne serait pourtant pas impossible, la formation de la pénélaine s'étant poursuivie pendant toute la durée du Burdigalien, mais les mouvements post-miocènes ont trop profondément agi dans cette région, produisant les chaînes d'Éguilles et de la Trévaresse, pour que l'on puisse espérer en savoir jamais quelque chose.

La transgression miocène a recouvert complètement ces formations oligocènes, qui durent présenter une continuité beaucoup plus grande avec celles du Bassin de l'Arc.

3° Le Bassin de la Durance.

Entaillées par le cours de cette rivière, les couches oligocènes dont nous venons de parler, se retrouvent sur sa rive droite dans les environs de Pertuis.

L'Aquitaniien prend un très beau développement dans l'Est de la Feuille de Forcalquier et au delà ; il a dû recouvrir au moins l'extrémité orientale du Luberon. Le Burdigalien lui a succédé en concordance parfaite par une salure progressive des eaux, comme semble le montrer l'examen stratigraphique.

En cette région, il n'y a donc pas eu d'aplanissement visible du substratum.

Nous ne parlons pas ici du Bassin du Coulon dont les couches oligocènes s'étagent entre les massifs de terrains secondaires du Luberon au Sud et des Monts de Vaucluse au Nord, parce qu'il est situé en dehors du périmètre de la Pénéplaine de Provence.

CHAPITRE III

LES DÉPRESSIONS ANTÉ-MIOCÈNES

Dans le mouvement épirogénique négatif qui succéda à l'orogénie pyrénéenne de la Basse-Provence, certaines dépressions, vallées anciennes ou accidents tectoniques, livrèrent passage aux premières eaux miocènes. Ces dépressions, situées au-dessous de la pénéplaine recoupant les terrains secondaires, s'ouvriraient naturellement dans les formations les plus récentes, celles étudiées au précédent chapitre. Toutefois, elles intéressèrent partiellement certains chaînons crétacés.

On peut distinguer, en allant du Sud au Nord et de l'Ouest à l'Est :

Une dépression au Sud-Ouest de la Nerthe, dont nous ne connaissons que quelques dépôts de bordure à La Couronne.

La grande dépression rhodanienne, dirigée du Sud au Nord et dont seule nous intéresse la rive orientale. Cette rive se creuse en un premier golfe, correspondant à l'érosion facile du Crétacé supérieur et de l'Éocène du Bassin de l'Arc, et l'on arrive à la vaste dépression durancienne.

Cette dernière, dont nous nous occupons davantage, partait de la plaine du Comtat ; elle recouvrait la partie occidentale des Alpines, le Défends, la Chaîne des Costes, la vallée inférieure de la Durance, celle du Coulon, enfin une grande partie du Luberon et des Monts de Vaucluse. Les limites méridionales du golfe étaient formées par la Crau, alors massif crétacé élevé et probablement arasé à la même altitude que la Caume, les Plaines et Vernègues, par les plaines de Lambesc et de Rognes, alors à une altitude supérieure à celle des Costes, enfin par les massifs de Concors et de Lingouste.

Ce qui peut surprendre dans cette description, c'est de voir considérer comme faisant partie de la dépression durancienne une portion des Alpines et la Chaîne des Costes, territoires qui sont actuellement en relief évident sur le reste du pays. Les Alpines s'élèvent en effet, entre la plaine du Comtat et la Crau. La Chaîne des Costes domine, au Nord, la vallée de la Durance, et au Sud, les plaines de Pélissane-Lambesc-Rognes.

Constataction paradoxale en apparence, ces chaînons crétacés portent des

affleurements miocènes les plus élevés du Sud de la Durance. Collot avait bien remarqué leur présence à des altitudes surprenantes. Il commença [20, 24] par en donner comme explication « une dénivellation pré-existante » dans les fonds de la mer miocène. A l'appui de sa thèse, il apportait comme preuve la présence de calcaires coquillers à *Lithothamnium*, algues avides de lumière, dans les parties élevées, alors que les faciès sableux ou vaseux dominaient dans les parties basses.

Dans son étude de 1912 sur le Miocène des Bouches-du-Rhône [31], à deux reprises au moins [pp. 56 et 58], il revient sur cette théorie ; mais il tend manifestement à en réduire les applications, à mesure que s'éclaire pour lui la différenciation des étages.

Nous avons poussé plus loin la subdivision du Miocène, et ce travail, quelque peu aride en apparence, nous a donné d'étonnants résultats.

Collot admettait une pénéplaine de la Basse-Provence, avec des crêtes en saillie — les Alpines, les Costes — le tout entièrement submergé par la mer miocène.

Nous avons la preuve qu'avant la transgression miocène, tout le territoire situé au Sud de la Durance, et à l'Ouest de la région unissant Concors, Sainte-Victoire et l'Étoile, ou bien faisait partie de la pénéplaine, ou bien se trouvait à un niveau inférieur. C'est le cas de la moitié occidentale des Alpines, du Défends, de la Chaîne des Costes dans sa totalité ; le Luberon oriental était à peu près dans le même cas.

Nous allons prouver qu'avant la transgression miocène ces chaînons :

1° étaient déjà plissés ;

2° se trouvaient au-dessous du niveau de la pénéplaine.

1° Ces chaînons étaient déjà plissés avant la transgression miocène. Cela paraît *a priori* normal et superflu à démontrer, étant donné l'âge connu des grands mouvements provençaux. Néanmoins, pour pouvoir préciser ultérieurement la nature des mouvements post-miocènes, il nous faut établir de façon irréfutable l'antériorité du plissement relativement aux dépôts du Système.

La partie occidentale des Alpines montre des dépôts miocènes à peu près indifférents au plissement de la chaîne. Ces dépôts, dont la puissance atteint aux Baux une quarantaine de mètres, appartiennent au Burdigalien et leur base même, au Burdigalien inférieur à *P. Davidi* [115-160]. Nous disons qu'ils sont à peu près indifférents au plissement, car, s'ils ont été intéressés par la grande faille des Alpines comme la chose nous paraît certaine, ils reposent, sensiblement horizontaux ou à peine inclinés, sur la tranche des bancs redressés du Maestrichien et du Danien. Les dépôts sont donc certainement postérieurs au plissement.

Pour le Défends, la chose n'est pas démontrable, étant donnée notre connaissance insuffisante du substratum. Collot nous signale la présence probable d'Oligocène. Ce dôme de Burdigalien supérieur que nous avons décrit est, comme sa forme l'indique, fort peu accidenté. Recouvre-t-il,

par l'intermédiaire possible de l'Oligocène, du Secondaire plissé ? Sa continuité certaine avec la région d'Éguières le laisse supposer.

C'est la Chaîne des Costes qui nous montre, avec évidence, la discordance complète du Miocène sur le substratum crétacé. Comme on peut le voir [fig. 13, p. 62], le Burdigalien supérieur de la plaine de Cèze, formant biseau, repose, presque horizontal, sur les bancs crétacés redressés jusqu'à la verticale ; le plateau de Goiron peut-être plus horizontal encore, repose en discordance sur des couches relevées ; il en est de même à Aurons ([fig. 14, p. 63]).

Dans le Luberon, la constatation du même fait devient difficile, à cause de la structure anticlinale simple de la montagne. Celle-ci a provoqué un pendage parallèle à ses flancs des couches miocènes qui la recouvraient. Au Sud-Est de Bonnieux toutefois, le Burdigalien s'avance dans la Combe de Lourmarin, et, bien que plongeant au Nord, il est nettement discordant sur les pendages de l'Urgonien. Donc, les chaînons ont été plissés, entièrement et uniquement, avant le Miocène.

2° Cependant, malgré ce plissement intense, les chaînons ou fragments de chaînons que nous venons de passer en revue se trouvaient, au début de la transgression miocène, en contre-bas par rapport aux régions environnantes, qui sont actuellement déprimées.

Nous ne pouvons fournir à l'appui de cette assertion qu'une preuve ; mais elle est irréfutable. Les affleurements que portent les chaînons, même les plus élevés, appartiennent au Burdigalien ; d'autre part, le Burdigalien ne se retrouve pas au Sud, dans les régions déprimées que les chaînons dominent actuellement. Le Vindobonien est transgressif dans la Crau et dans la plaine de Pélissane-Lambesc-Rognes. A titre de confirmation, on peut observer que le Burdigalien ne se trouve jamais à la surface de la pénélaine, qui n'a été submergée qu'à l'époque vindobonienne.

En d'autres termes, et comme conclusion de ce chapitre, la première ingression miocène, celle de la mer burdigalienne, s'est maintenue dans les limites des régions que nous venons de considérer ; elles étaient alors déprimées, quoique, par inversion des reliefs, elles dominent actuellement, sur certains points, des couches plus récentes, transgressives.

Les deux chapitres suivants ont pour objet l'étude des rivages burdigaliens que nous allons suivre pour ainsi dire pas à pas ; leurs contours apporteront une démonstration détaillée à notre assertion.

CONCLUSION

Des trois chapitres précédents nous retenons les constatations suivantes :

Aux grands mouvements provençaux, datant de l'Éocène supérieur, succède dans la Basse-Provence, une période d'érosion continentale intense. Elle se poursuivra pendant toute la durée de l'Oligocène, et ne prendra fin qu'avec la submersion du territoire par les eaux vindoboniennes. De puissantes formations détritiques, d'âge stampien et aquitanien, dans le Bassin de Marseille et près du Rouet, témoignent de son ampleur.

L'érosion trouvera son terme ultime dans la formation d'une vaste surface aplanie, délimitée, à l'Est de la vallée du Rhône : au Nord, par la crête du Luberon occidental jusqu'à la Combe de Lourmarin, et la Durance, de Cadenet à Mirabeau ; au Sud-Est, par la région unissant les massifs de Lingouste, Concors, Sainte-Victoire et l'Étoile ; au Sud par la mer.

C'est la Pénéplaine de la Basse-Provence.

Son substratum est constitué par des formations d'âge et de structure variés.

Ce sont d'abord des plis ou portions de plis de terrains secondaires. Nous trouvons du Sud au Nord et de l'Ouest à l'Est : la Chaîne de la Nerthe ; la Chaîne de la Fare ; le Plateau du Peyrigniou, Roques-Hautes, la Keyrié ; la région de Labarben ; le Socle du Vernègues ; le Plateau de Bèdes ; les Plaines d'Orgon-La Caume ; le Petit-Luberon. Le Vernègues est un socle isolé par l'érosion et des accidents tectoniques. Les Plaines d'Orgon, la Chaîne de la Fare avec la région de Labarben, sont des plis autonomes. Les autres régions sont des portions arasées de massifs, dont les parties orientales s'élèvent parfois à de grandes hauteurs : à la Nerthe fait suite l'Étoile ; au Peyrigniou, Sainte-Victoire ; à la Keyrié, le Grand-Sambuc ; au Plateau de Bèdes, Lingouste ; au Petit-Luberon, le Luberon oriental.

Entre les anticlinaux arasés, se trouvent des bassins dans lesquels s'étagent des sédiments plus récents, appartenant au Crétacé supérieur ou au Tertiaire inférieur : Bassin de l'Arc, de la Touloubre, de la Durance. Les couches y sont parfois redressées à la périphérie, surtout les plus anciennes : Rognacien, Fuvélien, Valdonien, mais au centre des bassins, elles reprennent une horizontalité approximative et sont, dans le Bassin de l'Arc, visiblement réduites au niveau de la Pénéplaine.

Au-dessous du plan nivelé, se creusaient des dépressions, dues aux

érosions de l'époque, qui furent les premières envahies par les eaux burdigaliennes. Elles s'étaient naturellement formées aux dépens des bassins dont les couches, plus jeunes, offraient moins de résistance à l'érosion : Vallée du Rhône, Bassin de l'Arc. Pourtant, elles comprenaient aussi des régions formées de terrains secondaires plissés comme les Alpines occidentales ou la Chaîne des Costes, qui, par suite d'accidents post-miocènes, dominant actuellement, avec des affleurements burdigaliens, le niveau de la Pénéplaine sur laquelle le Vindobonien est transgressif.

LES MOUVEMENTS ÉPIROGÉNIQUES NÉGATIFS ET LES TRANSGRESSIONS MIOCÈNES

Les dépôts miocènes présentent, nous l'avons dit dans notre première partie, les caractéristiques très nettes d'un cycle sédimentaire à deux stades principaux : le Stade Burdigalien et le Stade Vindobonien. Le Stade Tortonien, dont il ne reste que des témoins locaux, ne fera pas l'objet d'une description spéciale. Toutefois, le tracé que nous donnons des limites des eaux tortoniennes, circonscrit les dépôts extrêmes de cet étage et par conséquent comprend les formations de ce stade.

Rappelons ce qu'est pour nous un stade dans un cycle sédimentaire. Nous entendons par là une période comprise entre deux temps d'arrêt dans la transgression marine. Chacune de ces périodes comprend une phase de comblement actif des dépressions nouvellement envahies par les eaux et aboutit à un nivellement partiel du fond sous-marin. Puis, le niveau de base atteint son altitude la plus élevée, correspondant à une phase de stabilité relative et momentanée. Chaque phase est marquée par le dépôt de sédiments différents quant à leur faciès et leur faune.

Nous avons ainsi : le Stade Burdigalien, comprenant la Phase Burdigalien inférieur et la Phase Burdigalien supérieur ; le Stade Vindobonien, comprenant la Phase Helvétien et la Phase Tortonien.

C'est d'après ces principes que nous envisagerons les transgressions miocènes.

Chaque Stade fera l'objet d'un chapitre. Dans la mesure du possible, nous donnerons les limites d'extension des dépôts des quatre subdivisions. En suivant le sens de la transgression, nous débiterons par les rivages méridionaux.

Nous ne parlerons pas ici du Sarmato-Pontique, qui ne fut pas réellement transgressif sur les étages précédents. Si, comme aux environs de Jouques ou de Gréoulx, ses dépôts dépassent parfois la limite des formations tortoniennes, dans l'ensemble du territoire, ils demeurent largement en deçà, confinés, somme toute, dans la Vallée de la Durance, dans celle de la Touloubre et réduits à quelques îlots insignifiants dans le Bassin de l'Arc. En tout cas, leur existence n'est pas le moins du monde en rapport avec un mouvement négatif du substratum, au contraire, et cela est normal, la phase d'ascension avait déjà commencé, lorsqu'au faciès marin succéda le faciès lacustre.

CHAPITRE I

LA TRANSGRESSION BURDIGALIENNE

La mer, qui dès l'Aquitanien confinait à la Nerthe, est amenée par un abaissement d'ensemble de la région à pénétrer dans les dépressions pré-existantes. Elle envahit la dépression rhodanienne et s'enfonce, vers l'Est, à la faveur des érosions anciennes, entre les chaînons de direction pyrénéenne qui traversent la Basse-Provence.

I. — Burdigalien inférieur.

Les faluns de Sausset, bien étudiés par Fontannes et Depéret [78, 55] et riches en fossiles, ne forment qu'une frange sédimentaire, dont la longueur n'atteint pas deux kilomètres. Nous sommes là en présence du rivage ; la preuve en est que le Langhien des anciens auteurs, c'est-à-dire notre Burdigalien inférieur, est moins étendu que l'Aquitanien qui se termine lui-même, au pied de la Nerthe, par une plage de galets empruntés aux terrains secondaires [Cf. p. 112], et que le Burdigalien supérieur repose transgressif sur l'Aquitanien, au Grand-Vallat et à Tamaris, par exemple. Cette frange, seule épargnée par l'érosion, n'est évidemment qu'un témoin d'affleurements qui durent être beaucoup plus importants vers le Sud.

Une dépression devait exister dans la région d'Istres, entre les extrémités occidentales des chaînes de la Nerthe et de la Fare ; elle était due à la moindre résistance à l'érosion des sédiments du Crétacé supérieur détritique et de l'Éocène. Les sables gris et verts du Burdigalien inférieur jouent là le rôle de dépôts de comblement. Entrecoupés de quelques lits fossilifères, ils s'entassent sur une épaisseur d'une cinquantaine de mètres.

Les limites méridionales de ce golfe nous sont bien connues [Cf. Pl. I]. L'épaisseur du dépôt croît vers le Nord. La chaîne de la Fare dut lui servir de limite, car l'Helvétien y est transgressif sur le Crétacé. Sur

l'emplacement actuel de la Crau s'élevait, sans doute, un socle crétacé, prolongeant la région de la Fare-Vernègues. Nous trouvons une des preuves de son existence dans le fait que les dépôts du Burdigalien inférieur, limités au Nord par la chaîne de la Fare, ne se retrouvent pas davantage à la limite septentrionale de la Crau.

Il faut arriver à la partie occidentale des Alpes, pour en trouver des rudiments, sous la forme de conglomérats sableux à *P. Davidi*, signalés aux Baux par Pellat [157, 160] et, à Saint-Rémy, par le même auteur et par M. Joleaud [115].

Vers le Nord, l'extension du Burdigalien inférieur serait, d'après Depéret [59], limitée à un fjord étroit qui ne dépasserait pas l'arrivée de la vallée de la Drôme.

Dans la plaine d'Avignon, les massifs crétacés qui dominent Beaucaire, Aramon et les Angles, lui servirent de limites ; c'est ce que prouve l'absence du Burdigalien inférieur dans les affleurements miocènes qui parsèment leurs parties hautes.

La Montagnette n'était immergée que du côté nord. Le Burdigalien inférieur y commence la série miocène vers Barbentane et, plus au Sud-Ouest, les affleurements des Bouisses indiquent, par de gros blocs à patine verte, perforés de pholades, le rivage immédiat. Si la mer passait bien par le chenal du Rhône, ce rivage était celui d'un îlot crétacé comprenant les hauteurs au Sud de Saint-Michel-de-Frigolet ; le lambeau de Boulbon appartient en effet au Burdigalien supérieur transgressif.

Mais c'est vers l'Est du Comtat que les contours du rivage deviennent étranges. L'importance des dépôts de cette époque dans la région de Saumane, y indique une fosse profonde. Néanmoins, le rivage est proche ; et, dans les parages de Venasque, le Burdigalien supérieur est transgressif sur l'Oligocène.

Par contre, sur l'emplacement de l'actuelle vallée du Coulon, entre le Luberon occidental et les Monts du Vaucluse, dut exister une dépression qu'empruntèrent les premières eaux miocènes. On peut suivre ce golfe jusqu'au delà de Forcalquier ; l'îlot de Ganagobie, formé de Burdigalien supérieur transgressif, en marque la limite orientale.

A partir de Céreste, le faciès transgressif devient difficilement visible, car les eaux marines durent faire irruption dans un lac aquitainien qui s'étalait dans le Bassin de Forcalquier.

La différence profonde de faciès entre le lambeau burdigalien de Viens et celui de Céreste nous avait tout d'abord paru inexplicable ; la constitution du substratum peut seule nous éclairer.

Les lambeaux de Saint-Martin-de-Castillon et de Viens sont transgressifs sur les « marnes rouges de Viens », déjà émergées au début du Miocène.

A partir de Céreste, commence un niveau plus récent que celles-ci, celui des calcaires à *Helix Ramondi* qui termine l'Oligocène. Le Burdigalien inférieur le surmonte en concordance parfaite, si parfaite même qu'il est

légitime de supposer une irruption marine dans les eaux du lac à *H. Ramondi*. Les caractères lithologiques des premières couches miocènes en sont profondément modifiés ; ce ne sont plus des poudingues sableux avec coquilles marines plus ou moins roulées, tous indices de courants violents, mais des marnes bleues ou grises, sans fossiles ou presque, bien litées et assez épaisses.

Jusqu'ici, il n'y aurait rien d'inattendu dans le tracé du rivage. Il présente un golfe étroit empruntant la vallée du Rhône, avec des prolongements vers l'Est ; celui d'Istres s'explique, entre les Chaines de la Nerthe et de la Fare ; celui du Coulon est également compréhensible, entre les deux massifs crétacés du Luberon et les Monts de Vaucluse.

Il nous reste à motiver la présence du Burdigalien inférieur signalée dans la Chaîne des Costes.

A première vue, il semblerait qu'une irruption des eaux miocènes par l'actuelle vallée de la Durance soit la solution la plus satisfaisante de ce problème ; or, il n'en est rien.

Il est peu probable, en effet, que l'érosion qui a séparé les Plaines d'Orgon du Mont Saint-Jacques situé au Nord immédiat de Cavaillon et du Luberon, ait été, avant le Miocène, aussi complète que maintenant. Il faudrait, en tout cas, imaginer sur l'emplacement de la Durance actuelle un chenal très étroit, car, à Cheval-Blanc, l'Helvétien est transgressif sur le Crétacé. Ce ne serait, à première vue, pas impossible. Mais il n'y a pas de Burdigalien inférieur dans la région du Défends. L'îlot de Malle-mort, placé juste au milieu de la vallée de la Durance, montre le Burdigalien supérieur transgressif sur l'Éocène ; et c'est encore du Burdigalien supérieur qui affleure contre les pointements rognaciens de la Croisière. La route se trouve donc barrée à l'Ouest, et c'est vers l'Est qu'il faut la chercher ; or, elle s'y trouve.

Quand on songe que le Burdigalien, par son terme supérieur il est vrai, s'élève à plus de 700 mètres dans le Luberon, alors que le Col de Bonnieux est actuellement à 431 mètres, et que la Chaîne des Costes était à ce point déprimée que les poudingues à *P. Davidi* la couronnent à plus de 400 mètres, on est amené naturellement à concevoir une communication dans ces parages. D'autant mieux que, dans toute la Feuille de Forcalquier, les lieux où les formations du Burdigalien inférieur atteignent leur développement maximum se trouvent précisément dans la région de Lacoste et de Bonnieux, ainsi que dans la partie septentrionale de la Combe de Lourmarin.

C'est sur l'emplacement de cette vallée qu'exista très probablement le chenal du Burdigalien inférieur. Les sables verts, du niveau qui nous intéresse, ravagés par l'érosion, comblent sa partie Nord, la plus haute, jusqu'à près de 400 mètres d'altitude, Lourmarin se trouvant à peine à 200 mètres.

On nous objectera que, dans notre hypothèse, nous devrions trouver

trace de ces dépôts au Sud de la Combe de Lourmarin et qu'il n'en est rien. Le Burdigalien supérieur, en effet, relevé jusqu'à la verticale, y est en contact avec le Crétacé inférieur et avec un lambeau d'Oligocène. Mais ce contact nous avait toujours paru anormal; l'étude approfondie de la région nous en a donné la conviction. Les couches redressées du Burdigalien supérieur sont littéralement hachées de diaclases perpendiculaires à la stratification, qui rendent celle-ci presque invisible; cela décele des actions tectoniques intenses. Il y a plus. Nous avons exploré un petit lambeau de sables verts du Burdigalien inférieur découvert par Deydier [64, p. 17] et laminé sous le calcaire à *R. præscabriusculus* à l'entrée de la Combe du côté Ouest. Cela nous autorise, envisageant la dénivellation considérable entre le Col de Bonnieux et Lourmarin, à considérer les couches du Burdigalien supérieur comme n'étant pas en place sur leur substratum. Lors des mouvements post-miocènes, des phénomènes de tassement très importants au Sud du Luberon aboutirent au contact par faille entre la plaine tertiaire et la chaîne, depuis Peypin d'Aigues jusqu'à la ferme de Paris, au Nord-Est de Lourmarin.

Cette faille, croyons-nous, doit être prolongée vers l'Ouest jusqu'au delà de la combe, où les couches du Burdigalien supérieur n'ont visiblement pas suivi dans sa plénitude le mouvement de surrection. Elles paraissent avoir subi un frottement intense sur le substratum crétacé, frottement qui lamina les couches sableuses et peu résistantes du Burdigalien inférieur.

Ainsi s'explique pour nous la communication du golfe sur la chaîne des Costes avec celui de la vallée du Coulon.

Notre façon de voir trouvera sa confirmation dans l'étude des transgressions postérieures.

II. — Burdigalien supérieur.

Comme l'ont signalé tous les auteurs qui se sont occupés du Miocène de la Provence, cette phase marqua un gain très général des eaux marines dans la région rhodanienne. Elles s'avancèrent au Nord jusque dans la Savoie, rejoignant au delà les formations de la Suisse. C'est également à cette époque que se forme le « Golfe de la Durance ». Les limites méridionales du Burdigalien supérieur correspondent dans l'ensemble à une extension des rivages reconnus au Burdigalien inférieur.

La bordure méridionale de la Nerthe sert toujours de limite à la mer; cela est prouvé par la terminaison en biseau vers le Nord-Est de toutes les formations du Burdigalien supérieur, depuis Carro jusqu'au Grand-Vallat.

Le biseau s'amincit vers le Nord à tel point que [Cf. p. 37], les trois horizons de Couronne dont la puissance totale dépasse au Verdon une vingtaine de mètres, se trouvent réduits, dans les petits lambeaux isolés,

au Nord de la voie ferrée, à l'horizon supérieur fort de 5 à 6 mètres au plus. D'ailleurs, on peut constater la terminaison en biseau, par endroits, sur quelques mètres de longueur. Le Burdigalien supérieur repose sur une belle surface d'abrasion, dont la perfection dénonce avec certitude l'origine marine, et qui nous a paru complètement indépendante de la surface topographique de la Nerthe.

Nous sommes donc en présence entre Carro et Sausset du rivage du Burdigalien supérieur, limité au Nord par le rebord de la plate-forme de la Nerthe. Il est très probable que cette plate-forme lui servit de limite septentrionale vers l'Est ; elle s'y élève graduellement jusqu'à 275 mètres. Tout porte à croire que le Burdigalien garde avec elle les mêmes rapports qu'au Nord de Couronne. Ce qui le prouve même, c'est la présence du lambeau de Sioublanc. Quelle que soit sa structure [Cf. p. 86], il est certain qu'il s'agit d'un témoin d'une couche déposée sur la Nerthe, et que cette couche n'est pas burdigalienne.

Dans la dépression sannoisienne de Saint-Pierre, la mer dut à cette époque former un golfe dont nous sont restés quelques témoins situés à une cinquantaine de mètres d'altitude.

Plus au Nord, de Ponteau à Port-de-Bouc, on peut observer à nouveau, de façon très nette, la terminaison en biseau du Burdigalien supérieur, en particulier à Canalvieille. Ici encore le substratum crétacé est littéralement rasé, et cette surface d'abrasion inclinée de 0 à 75 mètres environ ne se raccorde pas avec la surface topographique de la Nerthe.

En définitive, il appert que la pénélaine de la Nerthe, entourée à son extrémité occidentale et en contre-bas, de surfaces d'abrasion marine, servit de limite aux eaux du Burdigalien supérieur.

Entre la Nerthe et la Fare subsistait le golfe dont nous avons parlé pour le Burdigalien inférieur.

Le socle de la Crau limitait toujours les eaux marines ; la transgressivité de l'Helvétien, et même du Tortonien, sur la Chaîne de la Fare d'une part, sur le Néocomien de Mouriers et le Garumnien du Grand-Barbégall au Sud des Alpines d'autre part, le prouve.

Ces transgressions vindoboniennes démontrent ce que nous avons énoncé [Cf. p. 117], à savoir que la partie occidentale des Alpines était alors *au-dessous* du niveau de la Crau. La seule épaisseur des dépôts du Burdigalien supérieur des Baux ferait penser à une dépression.

Suivant le méridien de Maussane, la ligne du rivage s'infléchit vers le Nord, puis vers le Nord-Est et l'Est ; elle encercle le Luberon occidental jusqu'à la Combe de Lourmarin, et revient vers l'Ouest former un golfe dans la région de Mallemort-Sénas. Ce contour du rivage détache ainsi une sorte de promontoire crétacé comprenant : les Alpines orientales à partir de la Caume, les Plaines d'Orgon, et le Mont Saint-Jacques. Isolé par un chenal étroit, émergeait le Luberon occidental jusqu'à la Combe de Lourmarin.

Le territoire ainsi délimité, considérant le Luberon occidental dans sa bordure méridionale appelée couramment Petit-Luberon, représente à nos yeux, une unité topographique : c'est une pénéplaine. Prouvons son émergence à l'époque du Burdigalien supérieur :

1° Sur toute cette surface, nous ne trouvons aucun vestige burdigalien.

2° Par contre, sur le Petit-Luberon, se trouvent quelques lambeaux helvétiques.

3° Les couches du Burdigalien supérieur arrivent presque horizontales, contre les parois des socles de terrains secondaires, sans les plongements qui pourraient indiquer la possibilité d'un revêtement.

Nous avons longtemps douté de l'existence du chenal d'Orgon. Sur la Feuille d'Avignon, rien ne l'indique. Les affleurements miocènes signalés entre le Luberon et les Plaines, dans la région de Cheval-Blanc, appartiennent à l'Helvétien et s'enfoncent sous les alluvions épaisses de la Durance. Toutefois, une exploration attentive des dépôts au pied du Luberon, nous a révélé à leur base l'existence de quelques bancs mollassiques d'un faciès qui nous est familier et qui représente, dans les successions normales, le passage du Burdigalien à l'Helvétien.

Étant donné, d'autre part, le plongement de ces couches vers l'axe du chenal qui indique contre le Luberon des frottements possibles avec laminage, nous avons la conviction que la mer du Burdigalien supérieur dut trouver un passage entre les Plaines et le Luberon occidental.

Un chenal vers le Sud, par Lamanon, nous paraît par contre invraisemblable, bien que les alluvions de la Crau rendent difficile le contrôle de la transgression vindobonienne. Le Burdigalien supérieur du Défends ne présente pas, en effet, une grande épaisseur : 5 ou 6 mètres au plus, et repose [Cf. p. 56] sur un puissant conglomérat bréchoïde dont beaucoup d'éléments, d'âge secondaire, indiquent un rivage prochain.

L'existence du socle souterrain de la Crau qui, pour nous, ne fait pas de doute, vient confirmer cette façon de voir.

A partir de Lamanon, le rivage contourne le socle crétacé aplani du Vernègues, sur lequel transgresse l'Helvétien.

Sur l'emplacement de la Chaîne des Costes existait à ce moment une dépression qui se terminait vers l'Ouest par un golfe étroit dans la région d'Aurons. Nous y voyons littéralement la fin du Burdigalien sous Notre-Dame-du-Val-de-Cuech. Le biseau d'Aurons [Cf. p. 63, fig. 14] et celui des Taillades remarqué par Collot en 1885 [24, p. 341], montrent que le socle du Vernègues émergeait à cette époque.

Le rivage Sud-Est du golfe des Costes correspond à peu près à la base de la chaîne où l'on ne trouve plus le Burdigalien, la rupture dont nous avons parlé [Cf. p. 69] dut se faire au niveau de la transgression. Le rivage contourne ensuite la branche Nord-Est de la chaîne oligocène de la Trévaresse sur laquelle transgresse l'Helvétien.

Côtier à Pertuis, où il ne présente qu'une épaisseur insignifiante près de

Saint-Sépulchre, le Burdigalien supérieur se termine par un banc d'O. *crassissima* sur le pourtour septentrional du petit massif secondaire que nous appelons « des Bastidonne », et contourne également par le Nord celui de Grambois.

De Beaumont, la vallée de la Durance peut lui servir de limite à l'Est puisque le Sarmato-Pontique lui-même est transgressif sur le Crétacé de Gréoulx, de l'autre côté de la rivière.

Plus au Nord, les eaux burdigaliennes traversent la Durance, pour atteindre leur extension orientale maxima dans les environs de Digne.

Il est bien entendu que le Lubéron oriental était en grande partie submergé, les faciès marneux du Burdigalien supérieur de Buoux, Céreste, Dauphin, indiquent un notable approfondissement des eaux. C'était probablement aussi le cas des Monts de Vaucluse, de la Montagne de Lure et du Ventoux.

Il nous reste à dire un mot de la limite occidentale du golfe rhodanien.

La Montagnette était complètement sous les eaux et faisait même partie de la dépression rhodanienne, aussi bien que les Alpines occidentales et la chaîne crétacée des Angles.

Plus à l'Ouest, la mer dut, formant un golfe dans la vallée actuelle du Gardon, entourer les hauts plateaux barrémiens compris entre Remoulins, Sauveterre et Uzès.

Ces plateaux montrent, d'après l'examen des cotes d'altitude, les traces d'un aplanissement que l'on peut rapprocher de ceux que nous avons constatés dans la Basse-Provence. Peut-être des recherches ultérieures nous permettront-elles de préciser ce parallélisme.

CONCLUSION

L'étude des rivages burdigaliens montre que la première mer miocène demeura cantonnée dans les dépressions situées au-dessous du niveau de la Pénéplaine de Provence : Golfe de Marseille, Golfe de l'Étang de Berre, Chenal rhodanien, Vallée de la Durance, Golfe des Costes.

Jamais nous ne trouvons de dépôts burdigaliens sur la Pénéplaine ; mais en plusieurs points on y voit du Vindobonien transgressif : Sioubanc, lambeaux du Petit-Luberon, Vernègues.

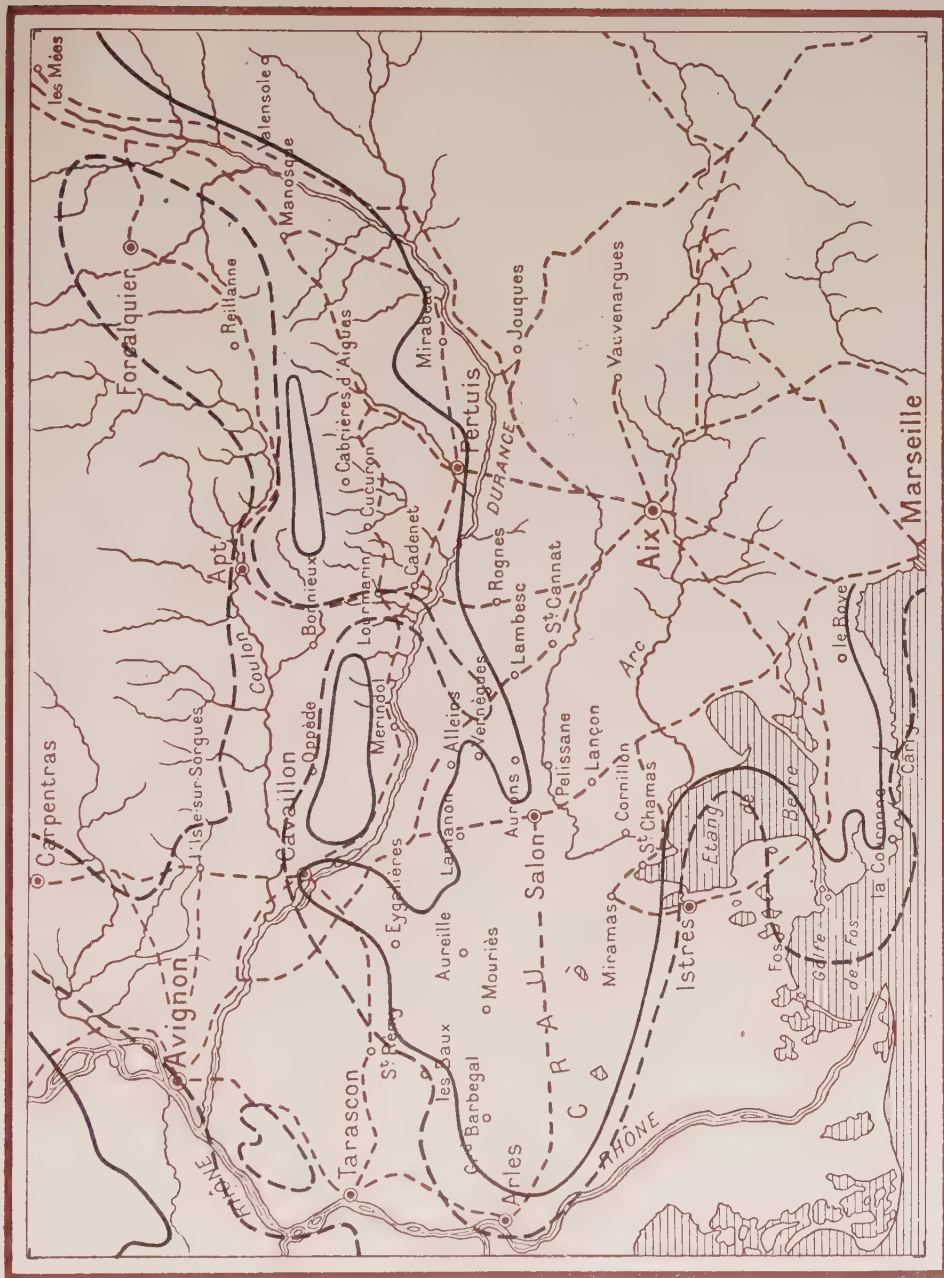
En contre-bas des régions arasées, on voit souvent se terminer en biseau les couches burdigaliennes : la Couronne, Aurons, les Taillades ; elles ne sont, par contre, jamais redressées de manière à laisser supposer qu'elles aient revêtu les socles aplanis.

On peut remarquer, à titre de confirmation, que les formations burdigaliennes les plus importantes se trouvent sur des régions, parfois très plissées, mais qui ne portent pas trace d'aplanissement. C'est le cas des

Alpes occidentales et de la Chaîne des Costes qui se trouvaient à cette époque au-dessous du plan d'arasement de la Pénéplaine.

La mer burdigalienne ayant entouré la Pénéplaine sans la submerger nulle part, on est en droit de conclure qu'elle a fourni le niveau de base qui donna à la Pénéplaine de Provence, ébauchée dès l'Aquitanién, son aplanissement définitif.

La Transgression Burdigalienne



--- Limite du Burdigalien inférieur

— Limite du Burdigalien supérieur

CHAPITRE II

LA TRANSGRESSION VINDOBONIENNE

La mer burdigalienne dut séjourner assez longtemps dans les limites que nous lui avons assignées au précédent chapitre ; cette stabilité momentanée est prouvée par l'aplanissement des anticlinaux de terrains secondaires et la puissance de certains dépôts de calcaires zoogènes burdigaliens.

Un nouvel affaissement provoque une submersion plus complète du territoire : c'est la transgression vindobonienne. On peut considérer dans cette transgression deux phases assez nettes : une phase de comblement, l'Helvétien, et une phase d'extension maxima avec stabilité relative du niveau de base, le Tortonien.

I. — Helvétien.

La mer helvétique dut recouvrir partiellement la Nerthe. Sa limite précise nous échappe, faute de dépôts sûrement datés. Le lambeau des Valletons signalé par M. Repelin en 1900 [165, p. 247], nous semble lui appartenir [Cf. p. 87] ; par contre, nous considérons celui de Sioublanc, comme Tortonien [Cf. p. 86], mais il n'est probablement pas à l'altitude où il fut déposé.

La région de Saint-Mitre est entièrement recouverte.

Les golfes de la mer burdigalienne se remplissent de puissantes formations détritiques, sables sans fossiles de Lamanon, sables à *O. crassissima* de Cucuron, dépôts à Hélix, petits Cardium et *O. crassissima* de Rognes.

Le remplissage ne se fait pas partout régulièrement ; des accidents tectoniques donnent localement à la mer helvétique des profondeurs plus grandes. Le plus remarquable de ces affaissements est celui de la Crau.

Il débute avec l'Helvétien par l'enfoncement de la partie occidentale du socle de la Fare, au Nord d'Istres et dans la région de Saint-Chamas. Cet accident est prouvé et daté par la nature même des dépôts qui, apparte-

nant à l'Helvétien transgressif, ont un faciès de mer profonde essentiellement local.

Du golfe de Fos à Istres, en effet, les dépôts burdigaliens présentent l'aspect d'un anticlinal à grand rayon de courbure. Ils disparaissent au Nord sous les eaux de l'étang de l'Olivier avec une épaisseur très restreinte qui annonce avec le banc à *O. squarrosa*, la proximité du socle de la Fare. En ce point, ils sont surmontés par une épaisseur d'Helvétien qui dépasse 150 mètres et débute par le faciès schlier éminemment bathyal.

Or, ces mêmes dépôts, avec des faciès analogues, sont transgressifs non loin de là, à Saint-Chamas, sur le Crétacé arasé de la Fare. L'affaissement date donc du début de l'Helvétien.

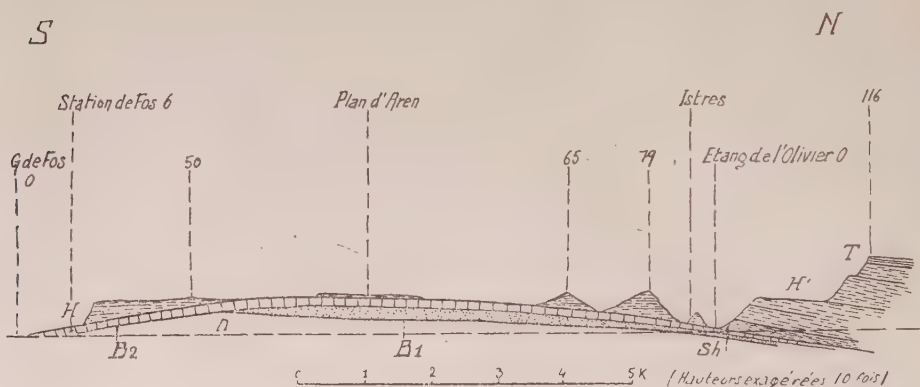


Fig. 26. — Coupe Sud-Nord de la Station de Fos à Istres.

- T : Tortonien inférieur.
- H : Helvétien.
- Sh : Schlier.
- B2 : Burdigalien supérieur.
- B1 : Burdigalien inférieur.
- D : Argiles daniennes.

Nous avons affaire à un accident essentiellement local, ce qui le prouve, c'est que ce faciès bathyal ne se retrouve pas au-dessus du Burdigalien des environs. Il manque notamment, sur cette sorte de voussure anticlinale que forme le Burdigalien dans la presqu'île de Saint-Mitre. Quelques îlots helvétiques heureusement préservés de l'érosion : la Pinède, Lèbre, Saint-Mitre, Plan-d'Aren, Barre d'Athénoux, ne comportent pas le Schlier d'Istres ; leur faciès est constitué uniquement par des calcaires coquillers roux à débris triturés et à dents de poissons, indice de moins grande profondeur que les sables si développés sur les berges de l'étang de l'Olivier.

D'où nous concluons que cet aspect anticlinal du Burdigalien supérieur entre Fos et Istres, est dû, quant à la retombée Nord, à un affaissement du substratum dans le prolongement occidental de la chaîne de la Fare.

Ce qui achève de le prouver, c'est que les puissantes formations helvétiques d'Istres se terminent visiblement en biseau sur le Burdigalien supérieur plongeant au Nord.

La retombée Sud de ce pseudo-anticlinal est due à un autre affaissement de la région de Fos, moins important, et surtout, moins facilement constatable. Son existence est manifestée par la puissance remarquable des formations helvétiques de la station de Fos. Ces dépôts argilo-sableux jaunes et bleuâtres, analogues à ceux d'Istres, sont exploités pour la fabrication des ciments, et ne se retrouvent plus vers le Nord.

Il est à remarquer que les deux affaissements locaux que nous venons de signaler sont, en quelque sorte, des « points faibles » du substratum. Le Nord de la Crau, qui s'affaissera encore après le Tortonien, livrera, passage aux bras de mer pliocènes et à la Durance quaternaire. La région de Fos, dont l'histoire pliocène et quaternaire est encore mal connue, présente à l'heure actuelle ces curieux alignements d'étangs dont plusieurs sont au-dessous du niveau de la mer.

Tandis que les dépôts s'accumulent dans les dépressions anté-miocènes, ou post-burdigaliennes, les socles aplanis sont à peine recouverts. Le Vernègues, dont les dépressions périphériques sont littéralement comblées (Lamanon, Alleins, Château-Bas, Val-de-Cuech), ne présente sur sa surface arasée que de faibles dépôts helvétiques, on peut présumer que les Plaines d'Orgon et le Petit-Luberon eurent le même sort. Les points culminants des Alpes et du Luberon émergent, formant des îles.

La Chaîne de la Fare n'est recouverte que dans sa partie occidentale, qui subit le contre-coup de l'affaissement de la Crau ; le Tortonien, en effet, transgresse à Saint-Jean-de-Brénasse et au Nord-Est de Cornillon. Les eaux helvétiques envahissent la surface topographique de la Chaîne de la Fare du côté de Saint-Chamas et perfectionnent l'aplanissement par l'action de l'abrasion marine.

Dans la chaîne de la Trévaresse on assiste à la transgression tortonienne vers le Sud-Est. Les formations helvétiques de la Pile, les Mauvares, Cabanes, disparaissent, et la série miocène débute par des argiles jaunâtres à *O. crassissima*, *O. Boblayi* (La Calade, Puyricard), correspondant au niveau supérieur à *O. crassissima* de Cucuron. Le lambeau de Pontier représente ce même niveau nettement transgressif sur l'Aquitainien et, comme pour parfaire le synchronisme, le puits de Peschière a trouvé, à la base de la série miocène, la faune des argiles à *Pleurotomes* de Cabrières d'Aigues.

Le massif crétacé des Bastidonne dut limiter la mer helvétique, car les formations les plus anciennes de Jouques appartiennent au Tortonien.

Vers le Nord-Est, la ligne de rivage franchit la Durance, contourne les hauteurs crétacées de Gréoulx et, masquée par les alluvions duranciennes et les formations du Sarmato-Pontique, ira passer à l'Est des régions de

Châteauredon, Mezel et Majastre, où se trouvent les dépôts helvétiques les plus orientaux.

Un fleuve venant de l'Est se jetait dans la mer helvétique ; près de Pertuis, ses dépôts d'eau douce, calcaires à Planorbes, Hélix, Cyclostomes, s'intercalent dans les sables marins.

Un cours d'eau de moindre importance débouchait dans la région de Rognes, mêlant aux Huîtres de nombreux Hélix et Cyclostomes.

En somme, l'étude de la transgression helvétique révèle une immersion partielle de la Pénéplaine de Provence ; cette immersion vient du Nord-Ouest, et tend à encercler les chaînons élevés du Sud-Est. Ses dépôts détritiques comblent les dépressions burdigaliennes, confirmant les tracés des mers précédentes.

II. — Tortonien.

Le comblement effectué par les sables helvétiques nivelle complètement le territoire, de sorte que l'abaissement du sol, s'accroissant encore, c'est toute la Pénéplaine de la Basse-Provence qui va se trouver sous les eaux. N'émergeaient que les chaînons du Sud-Est, formant des caps dans la mer tortonienne : l'Étoile, Sainte-Victoire, le Sambuc, Lingouste, les hauteurs du Verdon, ainsi que les îles du Luberon et des Alpines.

La Chaîne de l'Étoile fut très probablement entourée par la mer à cette époque. Malgré l'absence complète de vestiges, cela peut légitimement se déduire de l'aplanissement manifeste qui se voit dans la région de la Mure, et à l'Est de Septèmes, entre Gardannes et Fuveau, aplanissement qui prolonge visiblement la surface topographique de la Nerthe.

Jusqu'où la mer s'avancé-t-elle dans le bassin actuel de l'Arc ? Il faudrait, pour pouvoir le préciser, savoir quel était à cette époque le degré d'érosion du Crétacé supérieur de la région.

Par contre, au pied de Sainte-Victoire, les dépôts subhorizontaux du Peyriguiou et de la vallée de Vauvenargues indiquent le rivage vers la courbe de 400 mètres. Les dépôts de la vallée de Vauvenargues, faillés vers le Nord, impliquent le recouvrement certain du plateau jurassique de la Keyrié. Le sommet du Gros-Baou, coté 600 mètres, dut être un peu détaché en promontoire, et c'est vers 500 mètres qu'il faut reporter la ligne de rivage.

Le massif de Concors devait être en grande partie recouvert, le Sambuc émergeait, un petit golfe se creusait dans la région de Jouques.

Nous ne pensons pas que le massif des Bastidonnnes fut contourné par le rivage, les plongements des couches miocènes sur son versant Nord, semblent impliquer son revêtement, au moins par le Tortonien.

C'est pourquoi, contrairement au tracé de Collot [31, p. 97], notre ligne de rivage unit vers 400 mètres d'altitude le Tortonien de Bèdes, et celui

de la petite terrasse découverte par nous [Cf. p. 90] entre Mirabeau et Saint-Paul-lez-Durance.

Vers le Nord-Est, la limite dut suivre de près celle de l'Helvétien, pour englober les dépôts tortoniens signalés sur la feuille de Digne, en particulier près de Beaudument.

Comme apports d'eau douce, nous n'avons à signaler que les formations à Hélix du Peyrignou.

De l'ensemble de ce tracé, il résulte que le Tortonien vit une augmentation notable et générale de la surface d'immersion de la Basse-Provence.

Le faciès bathyal des argiles bleues à Pleurotomes de Cabrières d'Aigues, surprend à première vue, parce qu'il est sans analogie dans toute la région. Il est normal de l'attribuer comme le fait M. Joleaud [115, p. 71] à un affaissement local.

Par contre, remarquons qu'à Peschières on trouve des fossiles de Cabrières d'Aigues, non dans un faciès bathyal, mais dans une « marne cailouteuse » [Collot, 31, p. 77]. Des courants durent amener des espèces de Cabrières jusqu'à des profondeurs relativement faibles.

La mer tortonienne séjourna-t-elle longtemps dans les limites que nous venons de lui assigner ?

Il est difficile de le préciser. Si l'on se réfère à l'épaisseur de ses dépôts, on les trouve presque partout fortement entamés par l'érosion, et d'ailleurs, leur nature n'implique pas une sédimentation très lente, les marnes de Cabrières exceptées. Si l'on considère d'autre part le Tortonien comme niveau de base pour l'érosion subaérienne, on ne trouve guère d'aplanissement à la hauteur convenable. Peut-être, le Luberon occidental doit-il à la mer tortonienne son arasement terminal, entre 600 et 700 mètres ? Nous en sommes, sur ce point, réduits à des conjectures.

CONCLUSION

La mer burdigalienne, à la suite d'un premier mouvement négatif épirogénique de l'ensemble du territoire, envahit les dépressions anté-miocènes et y séjourne assez longtemps. La transgression vindobonienne est amenée, par une accentuation notable du même mouvement, à submerger, à peu près totalement, la Basse-Provence aplanie par les érosions antérieures.

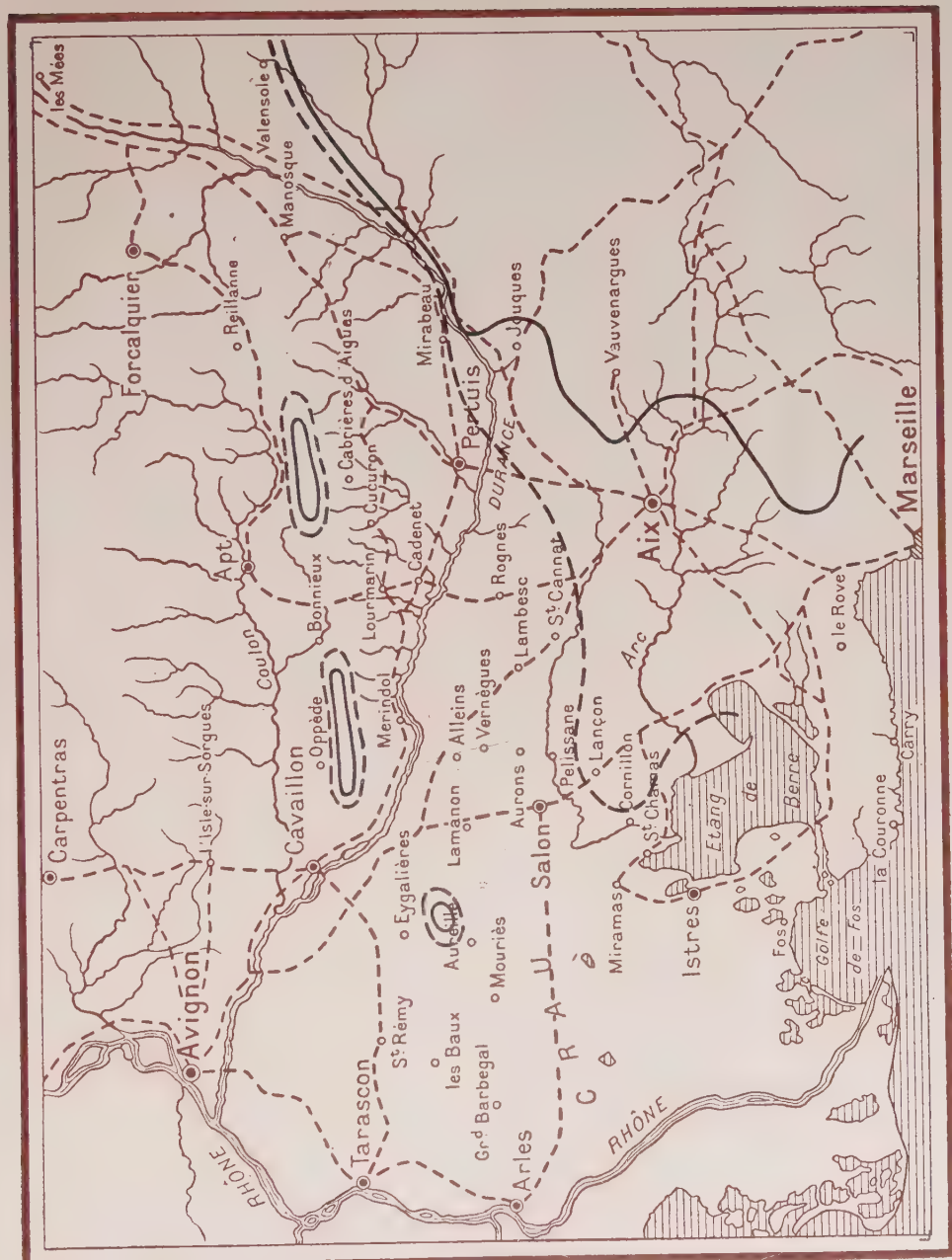
L'examen des lignes de rivage des mers miocènes semble indiquer, pour les transgressions successives, le sens du Nord-Ouest au Sud-Est avec, naturellement, réduction d'épaisseur des dépôts dans cette direction.

Faut-il attribuer ce fait à l'influence de la topographie de l'époque ou plutôt à une certaine obliquité dans le mouvement négatif, comme si les régions situées au Nord-Ouest s'étaient enfoncées davantage que celles

situées au Sud-Est ? Nous pencherions plus volontiers pour cette dernière hypothèse.

Autre constatation : l'emploi des cotes d'altitude de la topographie actuelle pour délimiter les rivages miocènes est, la plupart du temps, illusoire. La Chaîne des Costes porte à 480 mètres les dépôts du Burdigalien, alors que le Tortonien, stratigraphiquement le plus élevé, n'atteint pas 300 mètres dans la vallée de la Touloubre. Près de Sivergues, le Burdigalien supérieur dépasse 700 mètres, alors que les marnes à Pleurotomes de Cabrières d'Aigues sont à peine à 400 mètres. Ces constatations n'auront plus rien de surprenant quand nous aurons étudié dans la Section suivante ce que furent les mouvements qui intéressèrent les dépôts miocènes.

La Transgression Vindobonienne



MOUVEMENTS ÉPIROGÉNIQUES POSITIFS : LES MOUVEMENTS POST-MIOCÈNES

Nous arrivons, avec cette question, au point capital de notre étude. Après avoir reconstitué, dans la mesure du possible, la topographie anté-miocène, après avoir apprécié l'étendue des transgressions miocènes, il nous reste à expliquer les différences de situation des affleurements du Système. En d'autres termes, il nous reste à préciser les mouvements positifs du substratum qui amenèrent le retrait des eaux miocènes et donnèrent à leurs dépôts la place qu'ils occupent dans l'état de chose actuel.

Dans un premier chapitre, nous tâcherons de fixer la chronologie de ces mouvements ; dans un second chapitre nous en fournirons une analyse générale accompagnée d'une carte d'ensemble et de plusieurs coupes ; elle nous en révélera la nature et l'intensité.

CHAPITRE I

CHRONOLOGIE DES MOUVEMENTS ÉPIROGÉNIQUES POSITIFS

A vrai dire, on hésite à dénommer post-miocènes ces mouvements, car ils débutèrent, comme nous allons le voir, avant le Sarmato-Pontique. Les dépôts de cet étage, lacustres et continentaux, se sont formés pendant la période d'émersion. En somme, nous appelons mouvements post-miocènes les mouvements positifs qui suivirent la transgression et l'occupation marine.

On peut en distinguer deux phases.

Première phase : les mouvements post-tortonien.

Au maximum de transgression, qui correspond au Tortonien, succéda une phase épirogénique positive, d'une ampleur considérable. Elle eut pour résultat d'éliminer les eaux marines de la vallée du Rhône et de reporter la ligne du rivage méditerranéen très loin vers le Sud.

L'intensité du mouvement se déduit de la verticalité des pendages sur les bords faillés des compartiments affaissés ; l'âge du mouvement se déduit des différences de plongement entre les couches du Tortonien et celles du Sarmato-Pontique. Les constatations sont particulièrement évidentes sur la bordure méridionale du Luberon. Il est manifeste que là, l'Helvétien et le Tortonien ont été redressés jusqu'à la verticale, par endroits même renversés vers le Sud ; ils y sont toujours laminés, parfois jusqu'à la suppression de l'un des deux termes. D'autre part, les masses imposantes du Sarmato-Pontique formant les contreforts de la montagne qui vraisemblablement leur servit de limite au Nord et leur a fourni en partie leurs matériaux, n'ont pas subi de mouvements de cette amplitude. Elles sont seulement fracturées, assez fortement redressées vers le Nord, mais par endroits transgressent sur les bancs verticaux de l'Helvétien et du Tortonien, comme l'a très bien vu M. Savornin [192].

Au Nord de Lambesc, à la Bastide-Blanche, les formations importantes du Sarmato-Pontique, bien que ne transgressant pas de manière visible sur les couches vindoboniennes redressées, semblent ne pas avoir été intéressées autant qu'elles par le mouvement tectonique.

Enfin, entre Lambesc et le Petit-Saint-Paul, les bancs de calcaire blanc à *Helix Christoli* et Planorbes sont sensiblement horizontaux, et pourtant, sous eux, passe un petit anticlinal de formations tortoniennes dont le flanc Sud est très redressé.

Les mouvements post-vindoboniens furent suivis d'érosions notables. Elles sont niées par Collet [31, p. 94, note]. Ce géologue s'appuie sur la succession normale du Sarmato-Pontique au Tortonien supérieur en bien des régions, et sur sa transgressivité sur le plateau de Bèdes. Cette transgressivité n'a pourtant rien de commun avec la transgression marine. La mer miocène ayant reculé vers le Sud, un lac lui succéda dans la région de la Durance, formé par les apports d'eau douce venus du Nord ou du Nord-Est et le tracé de ses rivages était un peu différent de ceux de la mer. En certains points, par contre, se voit une discordance très nette du Sarmato-Pontique sur les couches marines.

C'est précisément le cas sur le revers méridional du Luberon.

En un autre point, nous avons pu constater avec certitude l'érosion de tout le Tortonien avant le dépôt des calcaires lacustres à *Helix Christoli*. Ce calcaire forme un îlot qui repose sur l'Helvétien [Cf. p. 76] dans la partie occidentale de la Trévaresse, au point coté 340. Il ne peut s'agir là d'une transgression helvétique, le Tortonien, en effet, entoure complètement le point en question ; au Nord, il forme la couche puissante qu'entailent les carrières de Rognes et que l'on suit jusqu'à Concernade ; au Sud, on retrouve cette couche faillée sur la bordure méridionale de la Trévaresse [Cf. p. 77]. Cette faille indique bien le recouvrement de toute la Trévaresse par les dépôts tortoniens et leur érosion postérieure.

Deuxième phase : les mouvements post-miocènes.

Caractérisés par une élévation de l'ensemble du territoire, ils donnent à la Basse-Provence les grandes lignes de son relief actuel. Ces mouvements sont prouvés et datés par les pendages du Sarmato-Pontique et les écarts de ses cotes d'altitude.

Sur le flanc méridional du Luberon [Cf. Savornin, *op. cit.*], le plongement Sud est manifeste. Il existe aussi, quoique moins facilement constatable, sur le même revers de la Chaîne des Costes.

À Pey de Durance, la base du Sarmato-Pontique atteint à peine 220 mètres alors que, sur le plateau de Bèdes, les mêmes formations dépassent 430 mètres. Le Sarmato-Pontique de la cuvette d'Aix est à peine à 200 mètres, celui de la colline Sainte-Anne et de Roques-Hautes à plus de

300. Cela prouverait que les failles d'Aix se produisirent après le Miocène. Néanmoins, il faut reconnaître que des différences notables de faciès dans les formations pontiques dénivelées enlèvent à cette preuve beaucoup de force.

Ce qui est certain, par contre, c'est que le soulèvement de la Trévaresse s'est parachevé après le Sarmato-Pontique qui s'y trouve porté à 340 mètres, alors que les mêmes dépôts s'étalent, dans la plaine de la Touloubre, à 200 mètres environ.

CHAPITRE II

ÉTUDE D'ENSEMBLE DES MOUVEMENTS QUI ONT AFFECTÉ LES DÉPOTS MIOCÈNES

Nous avons mis en évidence, dans le chapitre précédent, les deux phases successives durant lesquelles se répartirent les mouvements épirogéniques positifs.

Cette étude de détail, quoique nécessaire, ne donne pas une vue bien nette des résultats généraux de ces mouvements. Ce sont ces résultats généraux actuellement visibles, que nous allons maintenant étudier.

Depuis la fin du Tortonien, la Basse-Provence a subi, dans son ensemble, un mouvement positif de surrection. Ce mouvement, de nature épirogénique, eut plusieurs caractéristiques, qu'il nous faut passer en revue.

*

* *

I. — Prouvons d'abord la nature épirogénique du mouvement positif d'ensemble.

1° Le Miocène ne porte pas trace, dans toute la Basse-Provence, de mouvement orogénique important bien caractérisé. Est-ce à dire que les formations miocènes soient toujours horizontales ? Loin de là, on y trouve des pendages à tous les degrés, et les plus accusés sont souvent accompagnés de failles, limitant de larges affleurements subhorizontaux. Nous y voyons une preuve d'un mouvement épirogénique, car cette structure avec des plongements abrupts et des failles, alternant avec des plans horizontaux, est un indice de décalages verticaux, tandis que des plis que nous n'avons du reste pas rencontrés dans le Miocène seraient l'effet de mouvements tangentiels.

2° On trouve aussi de vastes surfaces de terrains secondaires arasées, telles que la Nerthe, la Chaîne de la Fare, la région de Labarben, qui

furent entièrement recouvertes par les couches miocènes. Elles sont maintenant en grande partie décapées par l'érosion, mais leur remarquable horizontalité implique un mouvement vertical.

*
* *

II. — Toutefois, ce mouvement ne fut pas rigoureusement vertical, mais complété d'un mouvement de bascule du Nord-Est vers le Sud-Ouest.

Cette constatation nous est fournie par le simple examen des coupes pratiquées dans cette direction et par la comparaison des altitudes.

Vers le Sud-Ouest, en effet, le Burdigalien supérieur s'enfonce sous la Méditerranée à Fos, Port-de-Bouc, Ponteau, Couronne, Sausset, etc... ; nous retrouvons le même Burdigalien supérieur dans la Chaîne des Costes, vers 400 mètres, dans le Luberon, vers 500, 600 et 700 mètres, et enfin à près de 870 mètres à Vachères, sur les pentes méridionales des Monts de Vaucluse.

Les profils des socles secondaires arasés et qui furent recouverts par le Vindobonien [Cf. Pl. XI] montrent une élévation graduelle vers l'Est. Nous passons de 200 à 275 mètres pour la Nerthe ; pour la Fare, de 200 mètres nous arrivons vers 340 au Peyriguou, qui est dans son prolongement oriental. La même élévation se constate du Sud au Nord : 200 la Nerthe, 200 la Fare, 280 Vernègues, 300 les Plaines.

*
* *

III. — Ce qui fait la caractéristique principale du mouvement positif d'ensemble, c'est qu'il ne fut pas suivi également par toutes les parties du territoire ; des compartiments s'affaissèrent, se séparant par failles ou flexures des parties surélevées.

Examinons individuellement ces compartiments effondrés.

1° L'extrémité Nord-Est de la Crau.

Ce compartiment, qui commença à se déprimer [Cf. p. 131] dès après le Burdigalien, subit après le Tortonien un véritable effondrement. Nous avons rétabli la présence de deux failles :

L'une dirigée Ouest-Est passe au Nord d'Aureille. Actuellement peu visible, elle est décelée par les couches du lambeau d'Aureille redressées jusqu'à la verticale et même renversées vers le Sud.

L'autre, de sens Nord-Sud, longe le massif de Vernègues, parallèlement à la route de Salon à Lamanon. Masquée par les éboulis, son existence est rendue vraisemblable par une coupe Ouest-Est de cette région [Cf. Pl. XII,

n° 2] et par la flexure de Salon. D'ailleurs, on en trouve un prolongement affaibli dans la faille de décrochement visible à l'Est de l'embouchure de la Touloubre.

Ces deux failles qui affectent des terrains crétacés, furent l'origine de la Crau, les érosions postérieures ne trouvèrent plus, en ce point, que les couches peu résistantes du Vindobonien et du Sarmato-Pontique.

2° Le Petit-Luberon, plate-forme sur l'Urgonien arasé, subit un mouvement de bascule vers le Nord, s'affaissant par rapport à la crête du Luberon occidental. Le mouvement est accompagné d'une faille, qui renverse les couches helvétiques du lambeau de Saint-Phalez [Cf. fig. 25, p. 109].

3° Beaucoup plus important est le secteur compris entre la Durance et le Luberon oriental.

Toute la plaine de Cucuron-Cabrières d'Aigues est profondément déprimée au-dessous du Luberon. Le Miocène est en contact anormal, avec les terrains de l'anticlinal, sur presque toute sa longueur. Les couches du Burdigalien supérieur, redressées presque jusqu'à la verticale, hachées de diaclases, ont subi un glissement qui explique l'absence du Burdigalien inférieur que nous avons retrouvé à l'état de traces. La longue faille notée sur la Feuille de Forcalquier doit être prolongée vers l'Ouest jusqu'à la Combe de Lourmarin, et un peu au delà.

4° La large plaine qui s'étale, recouverte d'affleurements miocènes, de Salon à Lambesc est aussi affaissée, par rapport au socle du Vernègues et au prolongement occidental de la Chaîne des Costes. Cet affaissement, qui se fait par flexure dans la région de Salon (route du Val-de-Cuech), se prolonge vers l'Est par une faille, remarquable dans la région de Pélisane, jusqu'aux Birons.

5° Une autre faille, parallèle, se retrouve à l'Est de la Route Nationale n° 7, longeant le flanc méridional de la Chaîne des Costes. Elle a eu pour résultat de déprimer profondément la région comprise entre Lambesc et Rognes. Cette dépression dut commencer, comme celle de la Crau, dès après le Burdigalien, car elle est accusée stratigraphiquement par l'extrême puissance des dépôts helvétiques de comblement.

6° Le plateau oligocène que traverse la Touloubre est lui aussi affaissé par rapport à la Trévaresse qui le domine.

Les couches miocènes qui le recouvrent en grande partie se redressent brusquement au contact de la chaîne, au point de s'y renverser par endroits (route de Rognes) ; ailleurs, ce sont des failles bien nettes : au Nord de Saint-Cannat et de Saint-Simon.

7° La ville d'Aix est placée dans une véritable cuvette déterminée par des failles dans deux directions.

L'une Ouest-Est court au Nord de la ville. Elle a produit un décalage d'une centaine de mètres entre les dépôts tortonien de la gare d'Aix, par exemple, et les couches synchrones de la Calade.

Dans le prolongement de cet accident, on retrouve des failles moins importantes le long de la vallée de Vauvenargues.

À l'Est de la ville une autre faille, masquée, a déprimé la cuvette par rapport au Peyrignou, dont les couches horizontales se trouvent à 300 mètres environ, c'est-à-dire avec le même décalage d'une centaine de mètres.

8° La vallée de la Durance au Nord de Mirabeau a subi aussi un affaissement, sa rive gauche était surélevée au-dessus de la mer miocène puisque le Sarmato-Pontique y est transgressif. Postérieurement, la région se déprima, occasionnant un fort plongement des couches miocènes tout le long de la rive droite, de Mirabeau à la Brillanne, avec failles locales, notamment à Volx. C'est dans cet affaissement que se déposèrent les énormes formations torrentielles, d'âge sarmato-pontique, de Riez et de Valensole.

Remarquons que nous pouvons constater la présence des couches sarmato-pontiques, dans tous les affaissements que nous venons de passer en revue. Dans la Crau du Nord, M. Repelin et nous les avons trouvées près de Mouriers ; celles de Cucuron sont trop connues pour qu'on insiste ; celles de la plaine de Lambesc ont été bien étudiées par Collot, ainsi que celles de la plaine de la Touloubre ; enfin elles garnissent le fond de la cuvette d'Aix.

Il est normal de penser que dans la période d'élévation qui suivit la transgression marine miocène, les eaux douces du Sarmato-Pontique furent localisées presque uniquement dans les zones affaissées que nous venons d'étudier. Si, comme cela est certain, elles couvrirent la chaîne oligocène de la Trévaresse, il apparaît comme non moins certain que les chaînons crétacés leur servirent de limite.

*
* *

IV. — L'affaissement de tous ces compartiments eut sur la topographie et la stratigraphie de la région plusieurs influences :

1° La Basse-Provence se trouve subdivisée en véritables paliers, d'altitude décroissant vers le Sud que séparent des chaînons allongés sensiblement de l'Ouest à l'Est : palier de la Crau, ennoyé par le Quaternaire, au-dessous des Alpines, Plateau de Cucuron au-dessous du Luberon, région de Pélissane-Lambesc-Rognes, au-dessous et au Sud des Costes, plateau de la Touloubre, au-dessous et au Sud de la Trévaresse, dépression d'Aix, au-dessous et au Sud de la Chaîne d'Éguilles.

2° Longeant le versant méridional des chaînons, les failles qui les accompagnent généralement leur donnent un relief particulier. Leur versant Sud est toujours taillé à pic, c'est par exemple le cas des Alpines dans leur

partie orientale, du Luberon dans son entier, de la Chaîne des Costes, de la Trévaresse et de la Chaîne d'Éguilles.

3° Les dépôts miocènes montent en pente douce sur le flanc septentrional de tous ces chaînons (Saint-Rémy, vallée du Coulon, les Taillades, vallée de Conserniade, région de la Calade). Sur le flanc Sud, au contraire, les couches miocènes décalées apparaissent au pied de la chaîne, verticales ou renversées sur la lèvre méridionale de la faille ; c'est ce que l'on peut voir à Aureille, Lourmarin, la Couelle, Peschières, Aix. La Chaîne des Costes présente le type achevé de cette structure, elle est formée négativement, si l'on peut dire : au Sud, par l'affaissement brutal de la plaine de Lambesc, qui lui taille un bord à pic ; au Nord, par l'affaissement du Plateau de Cucuron. Cet affaissement, faillé contre le Luberon, ne présente qu'une pente modérée au Sud : c'est cette pente qui forme le versant septentrional de la chaîne qui nous occupe.

4° Un quatrième résultat de ces affaissements, résultat intéressant au point de vue stratigraphique, est qu'ils produisirent en plusieurs points des inversions de relief, qui surélevèrent les couches les plus anciennes du Miocène. C'est ainsi que le Burdigalien des Baux (223 mètres), domine largement la Crau sous laquelle s'enfoncent les couches helvétiques et tortoniennes transgressives.

La Chaîne des Costes présente le même phénomène. Le Burdigalien d'Aurons, de la plaine de Cèze et du plateau de Goiron, s'élève jusqu'à 479 mètres au-dessus des couches vindoboniennes affaissées et transgressives également. Il est de toute évidence que ces parties actuellement surélevées, occupaient sous les eaux miocènes les zones les plus profondes.

Le Défends est un dôme de Miocène à pendage périphérique. Les plongements de l'Est et du Sud sont motivés par l'affaissement de la Crau, celui du Nord, beaucoup plus doux par l'affaissement de la plaine de la Durance ; à l'Ouest la chose est moins nette. En somme, le Burdigalien supérieur forme le sommet fracturé du dôme, autour duquel, à une altitude bien moindre, plongent les formations helvétiques, transgressives sous la Crau.

*

* *

V. — Il est permis de se demander si au mouvement épirogénique d'ensemble, ne se joignirent pas certains mouvements qui, sans mériter l'appellation d'orogéniques, n'en présentent pas moins des symptômes d'actions horizontales.

C'est le cas de la vallée qui longue au Nord le Luberon, particulièrement de Céreste à Lurs ; un affaissement axial amenant un pendage aussi régulier et à peu près symétrique des couches miocènes se conçoit mal.

Enfin, la chaîne aquitanienne de la Trévaresse présente quelques manifestations de poussées tangentielles, peu intenses, mais suffisamment nettes. Or, les plongements des lambeaux miocènes qu'elle porte sont concordants. Le petit synclinal du Jas-d'Amour, dans un synclinal oligocène, en est l'exemple typique. Il est normal de penser que ces plissements sont d'âge post-miocène.

*
* *

VI. — Les chaînons Ouest-Est, quelle que soit leur origine, plis provoqués caractérisés ou reliefs post-miocènes, sont pour la plupart bordés au Sud par un petit anticlinal accessoire bien net.

Au Sud du Luberon, c'est celui de la Deboulière, connu de Fontannes, qui laisse voir son axe crétacé au Sud de Vaugines. Cet anticlinal est encadré par deux synclinaux : celui du Nord entre Cucuron et Cabrières d'Aigues, celui du Sud passant près de Cadenet et de Villelaure.

La Chaîne des Costes est doublée, à partir des Birons, d'un petit anticlinal, vu par Collot [31, p. 55], et que l'on peut suivre jusqu'au Petit-Saint-Paul.

Enfin, le versant méridional de la Trévaresse, faillé en maints endroits, est longé par un petit anticlinal aquitanien et miocène, particulièrement bien visible, entre Peschières et Saint-Simon.

Mais ces accidents, pour avoir nettement la structure anticlinale ou synclinale, sont parfois explicables autrement que par des mouvements orogéniques. Leurs dimensions toujours exiguës font de ceux des Costes et de la Trévaresse de simples rides concomitantes aux failles. Quant à ceux de la plaine de la Durance, bien que de dimensions appréciables, ils peuvent s'expliquer par les phénomènes de tassement, extrêmement importants, qui se produisirent dans cette zone. Le Burdigalien n'affleure pas sur l'ilot hauterivien de la Deboulière ; ce fait nous induit à penser qu'il y eut un tassement de chaque côté du noyau crétacé avec étirement bilatéral et disparition finale de l'étagé. Le résultat de ces phénomènes présente l'aspect d'un anticlinal.

*
* *

VII. — Il nous a paru nécessaire, pour avoir une vue d'ensemble, d'indiquer sur une carte tous les accidents que nous venons d'énumérer. Pour les failles, il n'y a pas de difficulté. Mais il nous fallait figurer les dépressions, les parties surélevées, les plongements. Nous avons pris le parti de figurer conventionnellement par le signe réservé aux anticlinaux, tous les axes selon lesquels se produisent les pendages, que ces axes soient ceux

d'anticlinaux vrais comme le Luberon, les Alpines, de petites rides anticlinales accessoires des terrains miocènes, ou qu'ils représentent, ne correspondant pas à une structure anticlinale véritable, les crêtes des chaînons de terrains antérieurs au Miocène, sur les flancs desquels, par suite de failles ou de tassements, plongent les couches du Système. De même, nous attribuons le signe réservé aux synclinaux, aux couches miocènes présentant une dépression axiale, même n'étant pas de nature orogénique. Nous figurons en hachures sur la même carte, les socles de terrains secondaires arasés, souvent bordés de failles, recouverts de couches miocènes, ou l'ayant été, et qui n'ont subi qu'un mouvement positif à peu près vertical [Cf. carte, n° 3].

Un simple coup d'œil sur cette carte amène les constatations suivantes :

1° La plupart des accidents empruntent la direction Ouest-Est : celle des plis pyrénéens. Cela nous confirme dans ce que nous savions déjà : les accidents post-miocènes sont dus à des mouvements épirogéniques, qui se sont fait sentir avec plus d'efficacité sur le tracé des lignes orogéniques antérieures. Autrement dit, c'est l'orogénie de la Basse-Provence qui, après l'immersion miocène, tend à reprendre son relief.

2° Mais n'oublions pas que le mouvement épirogénique de bascule a surélevé le Nord-Est. Comme il fallait s'y attendre, les décalages par failles qui ne se font pas vers le Sud, se feront vers l'Ouest, les uns et les autres donnant une résultante dans le sens voulu, c'est-à-dire Nord-Est—Sud-Ouest. La faille de Lamanon déprime la Crau à l'Ouest du Vernègues, la cassure de la Touloubre occasionne le plongement du Miocène vers l'Ouest, la faille du Peyriguiou affaisse la cuvette d'Aix vers l'Ouest.

3° Les axes de pendage montrent encore plus nettement cette poussée du Nord-Est. Le coude de la Durance à Mirabeau forme la limite extrême dans ce sens, des accidents à direction pyrénéenne. Le changement de direction est très sensible dans le Nord-Est de la région que nous nous sommes délimité. Il se fait selon une ligne allant de Mirabeau à Aubenas, au Sud-Ouest de Forcalquier, à l'Est de laquelle les accidents, perdant le sens provençal Ouest-Est, prennent le sens alpin Nord-Sud.

La poussée du Nord-Est se fait sentir, dans cette zone, plus intensément. Elle ne se manifeste plus ici comme un simple contre-coup épirogénique, on y sent sa nature orogénique de plus près. Ce changement de direction vers le Nord des axes de pendage, ne peut en effet s'expliquer que par un mouvement horizontal ; il est remarquable peu à l'Ouest du village de Villemus. On y voit les couches du Burdigalien supérieur subir une véritable torsion, dans un espace restreint. Cette torsion est visible, même sur une carte topographique ; la sinuosité de la Route Nationale n° 20 la met parfaitement en évidence [Cf. fig. 23].

4° La poussée du Nord-Est se fait sentir aussi dans les parages de Rognes. C'est par cette région critique, placée entre le pli de Concors et la Chaîne des Costes, que Marcel Bertrand [6, Pl. IV] faisait passer la plus occi-

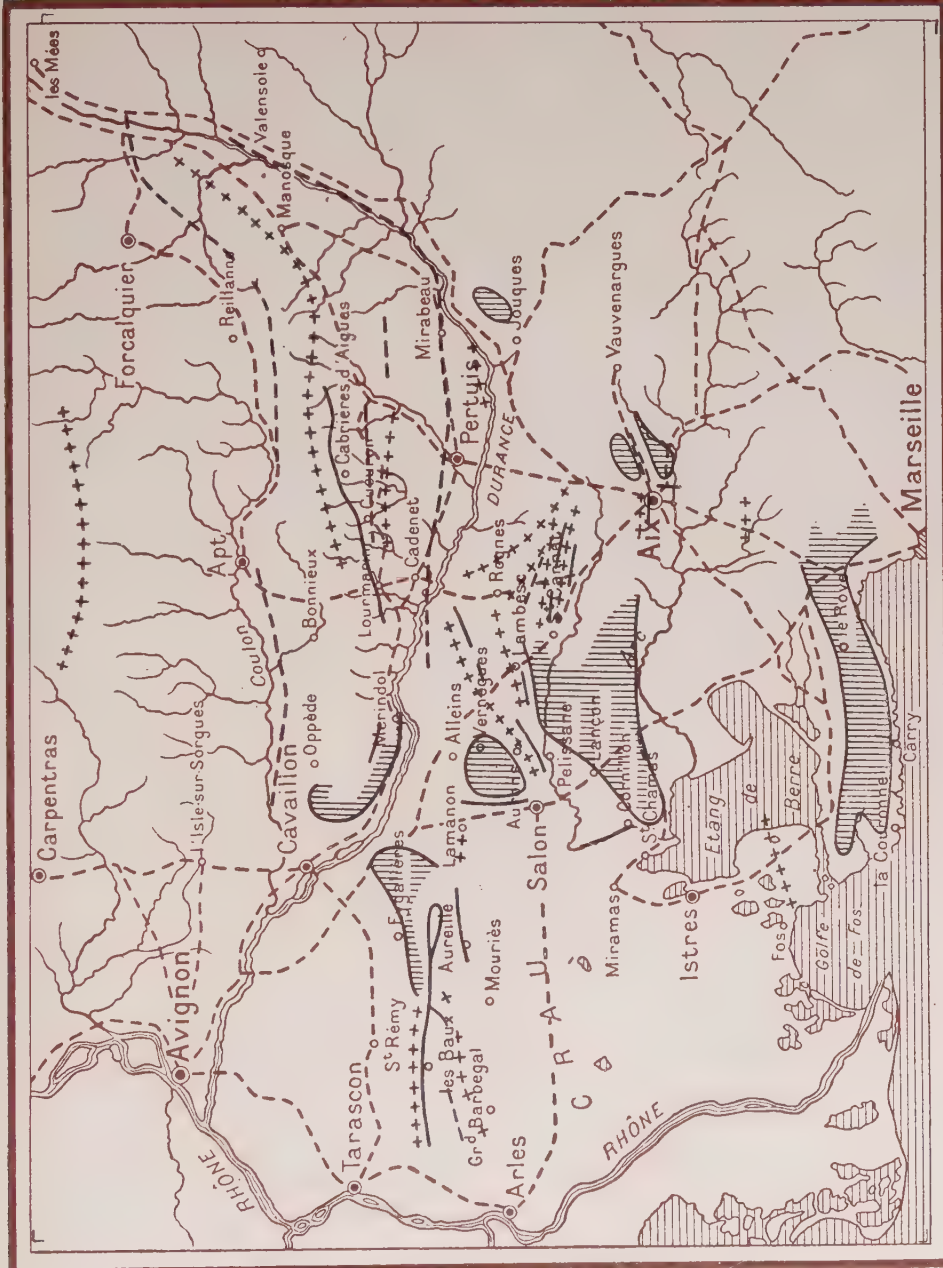


CARTE 3

CARTE 3

1. — Anticlinaux de terrains secondaires arasés.
 2. — Anticlinaux vrais ou axes de pendage des couches miocènes.
 3. — Synclinaux ou pseudo-synclinaux miocènes.
 4. — Failles ou fractures, visibles ou masquées, ayant intéressé le Miocène.
-

Carte Tectonique du Miocène de la Basse Provence



dentale de ses « bandes transversales ». Les dépôts tertiaires du Bassin d'Aix ont comblé la dépression, masquant la jonction des deux massifs. Pendant l'Oligocène, cette jonction dut subir des troubles qui amenèrent l'éruption basaltique de Beaulieu.

Les dépôts miocènes couvrirent complètement la région. Nous avons tracé les axes théoriques de leurs pendages, ils nous montrent un écart notable de la direction Ouest-Est. Ceux de la Chaîne des Costes et ceux de la vallée de Rognes-Saint-Christophe, semblent avoir subi une pression latérale qui les aurait déviés, les uns et les autres, vers le Nord.

C'est à cette pression latérale qu'il doit falloir attribuer les petits plis post-miocènes qui affectent la Trévaresse.

Il faut voir là, à notre avis, une influence de la poussée alpine du Nord-Est. Constatons que cette région semble avoir été, depuis le début du Tertiaire, un centre d'activité tectonique. Dépression entre deux systèmes crétacés, comblée par l'Oligocène, disloquée pendant l'Aquitaniien (éruption de Beaulieu), elle fut déprimée après le Miocène.

Les couches du Système sont bouleversées, à Rognes même, où se fait la jonction de l'anticlinal accessoire de la Chaîne des Costes et d'un axe de la Trévaresse. Cette région dut être encore d'autres fois ébranlée, avant le séisme de 1909 de récente et triste mémoire.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Nous invitons le lecteur à se reporter à notre carte générale au 1/200.000^e, pour y suivre l'exposé de nos résultats.

On sait que pendant l'Éocène supérieur, le plissement pyrénéen a donné à la Basse-Provence sa structure orogénique. C'est de cette époque que datent les plis qui la traversent de l'Ouest à l'Est : Chaîne de la Nerthe, l'Étoile, Chaîne de la Fare, Sainte-Victoire, le Grand-Sambuc, Concors, Chaîne des Alpines, Chaîne des Costes, Lingouste, le Luberon et les Monts de Vaucluse.

L'Oligocène fut une période d'érosions intenses. Elles trouveront leur terme ultime à l'Aquitaniien, dans la formation de la Pénéplaine de Provence. La surface aplanie est délimitée au Nord par le Luberon occidental et la Durance, au Sud-Est par les hauteurs de Lingouste, Concors, le Grand-Sambuc, Sainte-Victoire et l'Étoile, au Sud par la mer.

Cette pénéplaine comporte des plis ou fragments de plis de terrains secondaires arasés : la Chaîne de la Nerthe, la Chaîne de la Fare, la Keyrié, la Caume et les Plaines dans les Alpines, Vernègues, le Plateau de Bèdes, enfin le Petit-Luberon au Nord de la Durance.

Elle comprend aussi la surface plus ou moins nivelée des bassins intermédiaires, formés de couches plus jeunes : Bassins de l'Arc, de la Touloubre, de la Durance.

Un affaissement du sol, de nature épirogénique, amène une première transgression miocène. La mer burdigalienne pénètre dans des chenaux creusés, pour la plupart, au détriment des bassins : Golfe de Marseille, de l'étang de Berre, de la Durance. Les dépôts burdigaliens se retrouvent constamment au-dessous du plan d'arasement de la pénéplaine ; on peut en déduire que le niveau de base de la première mer miocène a perfectionné l'aplanissement de la pénéplaine.

Un deuxième affaissement du sol amène la transgression vindobonienne. Le comblement des dépôts helvétiques achève le remplissage des dépressions précédentes ; les eaux du Tortonien, par contre, s'étendront franchement sur la pénéplaine et la recouvriront totalement.

Ensuite se produisit un soulèvement général sur lequel des explications sont nécessaires :

Il n'y a pas d'orogénie post-miocène dans la Basse-Provence. Après le dépôt des sédiments tortoniens, le territoire délimité par notre carte subit, dans son ensemble, un mouvement de bascule, de nature épirogénique, qui fait plonger tout le pays, du Nord-Est vers le Sud-Ouest. On peut voir les affleurements miocènes les plus méridionaux s'enfoncer sous les eaux du Golfe de Fos, alors que les mêmes couches s'élèvent progressivement vers le Nord-Est, au point de dépasser 700 mètres dans le Luberon oriental.

Le soulèvement épirogénique a été accompagné d'accidents, dont le type est l'effondrement de compartiments plus ou moins étendus, par flexures ou par failles, sur le bord méridional des anciens plis de direction pyrénéenne. Tels sont : la dépression d'Aix au Sud de la Keyrié, la Crau au Sud des Alpines, les plaines de Pélissane et de Lambesc au Sud de la Chaîne des Costes, le Plateau de Cucuron au Sud du Luberon.

Après les mouvements dont il vient d'être question, ces dépressions furent envahies par les eaux du Sarmato-Pontique et partiellement remplies de ses dépôts d'eau douce.

Les affaissements que nous avons énumérés sont sans doute dus exceptionnellement à des phénomènes de tassement, favorisés par la grande épaisseur des sables helvétiques, sédiments relativement malléables ; c'est ce qui s'est passé pour le Plateau de Cucuron. Dans ce cas, l'orogénie pyrénéenne, momentanément effacée sous la masse des sédiments miocènes accumulés dans les bassins, tend à reprendre son relief, comme on peut le constater pour le Luberon oriental ou l'extrémité occidentale des Alpines.

D'autres fois, les effondrements sont dus à de véritables ruptures du substratum.

Ils ont eu pour conséquence, surtout dans ce dernier cas, de produire parfois des inversions de relief. La Chaîne des Costes en est l'exemple typique ; elle porte des affleurements burdigaliens horizontaux, dominant de 200 mètres le Vindobonien transgressif au Sud, dans la plaine affaissée de Lambesc.

La Basse-Provence se trouve de la sorte subdivisée en paliers subhorizontaux, délimités au Nord par des chaînons, et faillés contre eux. L'altitude de ces paliers croît vers le Nord et vers l'Est.

On peut observer dans le Nord-Est de la région circonscrite par notre carte, à partir du coude de la Durance à Mirabeau, un changement de direction très net des plongements et accidents divers qui affectent les couches miocènes. Ils obliquent vers le Nord et tendent à prendre la direction alpine Nord-Sud, qu'ils suivront franchement dans les Feuilles limitrophes de Castellane et de Digne.

Le mouvement épirogénique qui intéressa les dépôts miocènes de la Basse-Provence, n'est qu'un contre-coup de l'orogénie alpine.

APPENDICE PALÉONTOLOGIQUE

OBSERVATIONS PALÉONTOLOGIQUES SUR QUELQUES PECTINIDÉS MIOCÈNES

Notre étude stratigraphique fut étayée par des preuves paléontologiques, énumérées en leur temps. Mais il nous a semblé utile d'indiquer à ceux qui nous suivront les principales formes qui nous ont servi de guide dans nos recherches.

Par leur nombre, leur conservation généralement bonne, les Pectinidés s'imposent à qui s'occupe du Miocène. Nous nous sommes surtout attaché à la connaissance de ce groupe, marchant sur les traces de Fontannes, puisamment aidé par la belle monographie, malheureusement incomplète, de Depéret et Roman [61] et par les travaux, plus modernes encore et merveilleusement documentés, de Cossman et Peyrot [35], Dollfus et Dautzenberg [65]. Nous n'avons repris l'étude que des espèces strictement locales et nous en fournissons des reproductions photographiques.

Pour les formes déjà connues, une mention ou une rapide description suffiront, lorsque nous les avons recueillies à un niveau où elles n'étaient pas signalées ou bien lorsqu'une précision quelconque nous a paru nécessaire. Toujours, nous nous abstiendrons de donner une citation complète des ouvrages qui ont parlé de l'espèce, quand cette liste bibliographique existe dans un ouvrage de paléontologie ; nous nous bornerons à la dernière dénomination, lorsqu'elle est correcte, en renvoyant pour le reste à l'auteur le plus récent.

Pour d'autres espèces, nous nous contenterons de modifier le nom de genre, de façon à les faire entrer dans la classification de Depéret et Roman, que nous croyons la plus adéquate¹.

¹ Nous rappelons que Depéret et Roman emploient les différents genres utilisés ici avec la signification suivante :

Genre *Pecten* : Valve droite convexe, ornée de fortes côtes rayonnantes. Valve gauche plane ou plano-concave, ornée aussi de côtes rayonnantes. Oreillettes presque égales. Pas d'échancre hyssale.

Genre *Flabelliptecten* : Valve droite convexe à côtes lisses et plus ou moins déprimées.

Nous essayerons enfin, dans certains cas, de faire ressortir, avec toute la prudence requise en si délicate matière, la filiation possible de telle ou telle espèce.

Nous concluerons en donnant un tableau de la localisation stratigraphique des formes les plus importantes, pouvant servir localement à la détermination des étages.

Tel est l'objet de ce chapitre.

I. — AQUITANIEN

PECTEN FRAASI FUCHS

Pl. VII, 6.

1903. *Pecten Fraasi* Fuchs. DEPÉRET et ROMAN : Monogr. des Pect. néog., M. S. G. F., n° 26, I^{re} Partie, p. 26, Pl. II, 7, 8, 9.

Nous signalons cette espèce, surtout pour spécifier son niveau.

Nous l'avons trouvée dans les couches gréseuses blanches à Bryozoaires, qui bordent, à l'Ouest, la calanque du petit Nid, près Sausset.

Fontannes et Depéret [78, p. 46] se sont trompés en rangeant ces formations dans l'Helvétien, et méconnaissant failles et plis. M. Cottreau [39] a fait bonne justice de cette erreur, démontrant de façon irréfutable leur âge aquitaniens moyen. Dans le présent travail nous reprenons cette démonstration en lui donnant d'autres preuves [pp. 39 et suiv.].

Depéret et Roman (*loc. cit.*) décrivent parfaitement cette espèce, nous n'avons rien à y ajouter. Ces auteurs ont pris pour type une valve gauche du Gebel-Genefte, et un exemplaire complet de Provence.

Ils ont remarqué quelques variations d'ornementation entre l'échantillon égyptien, qui appartiendrait à la partie terminale du Burdigalien, et l'individu de Provence. Celui-ci se trouverait, d'après eux, « dans les calcaires marneux à Bryozoaires de Château-Roux près Sausset, qui se rapportent à l'étage helvétien ». D'autre part, la légende de la Pl. II de l'ouvrage cité, donne les échantillons figurés comme burdigaliens.

Dans un travail d'ensemble sur le Miocène de Provence nous nous devons d'éclaircir cette imprécision. Ne faisant que confirmer l'opinion de

Valve gauche plano-convexe (très rarement plane), à côtes déprimées ou même presque effacées. Oreillettes subégales. Pas de sinus byssal.

Genre *Chlamys*. Valves subégales, toutes deux convexes, côtes nombreuses et serrées, souvent striées et écailleuses. Oreillettes inégales. Sinus byssal toujours présent plus ou moins profond.

(Le Genre *Amussium* ne se rencontre pas dans le Miocène de la région que nous avons étudiée).

M. Cottreau, nous pensons que *P. Fraasi* Fuchs doit être définitivement considéré comme aquitainien sur la côte de Provence.

II. — BURDIGALIEN INFÉRIEUR

Dans les couches sableuses du Burdigalien inférieur qui s'étagent entre la Crau et l'Étang de Berre et dans les gisements que nous avons signalés, notamment à Lavalduc, on trouve des *Pecten* en grande abondance et en parfait état de conservation et nous en avons recueilli de multiples échantillons.

L'étude approfondie de ces matériaux nous a montré la coexistence de six formes principales qui sont : *Chlamys disprosopa* Fontannes sp. ; *Chlamys pavonacea* Fontannes sp. ; *Chlamys seniensis* Lamarck sp. ; *Flabellipecten fraterculus* Sowerby sp. var. *avaticus* nov. var. ; *Flabellipecten Hermanseni* Dunker sp. ; *Chlamys multistriata* Poli sp.

Dans la Basse-Provence, sur ces six formes, nous n'en connaissons avec certitude qu'une seule se rencontrant dès l'Aquitainien : *Flab. fraterculus* Sow. La variété *avaticus* de cette espèce semble spéciale au Burdigalien inférieur de même que *Flab. Hermanseni* Dunk. et *Chlam. disprosopa* Font.

Chlam. seniensis Lamk. et *Chlam. pavonacea* Font. se rencontrent encore dans le Burdigalien supérieur.

Enfin *Chlam. multistriata* Poli traverse tout le Système Miocène.

Il est à remarquer que la localité de Lavalduc semble avoir été un centre de dispersion d'espèces. En effet, celles que nous venons de citer sont toutes mentionnées par les auteurs dans la vallée du Rhône, à des niveaux supérieurs du Miocène, même celles que nous n'avons trouvées qu'à Lavalduc.

CHLAMYS DISPROSOPA FONTANNES sp.

Pl. IX, 7.

1878. *Pecten disprosopus* FONTANNES : *Et. strat. et pal.*, t. III, p. 91, Pl. IV, 2.

Nous avons recueilli dans les sables marneux du Burdigalien inférieur, non loin de la Station de Lavalduc, une valve droite de *Chlamys* dont la configuration correspond assez bien à la description donnée par Fontannes de *P. disprosopus*, avec quelques légères différences.

Les 5 côtes principales sont subdivisées en 3 ou 4 costules, par 2 ou 3 sillons, peu profonds et irréguliers. Ces côtes sont noduleuses et ornées, comme les intervalles, de fines lamelles d'accroissement.

Entre les côtes principales il y a 1 côte secondaire, sauf entre la 2^e et la 3^e, où il y en a 2. Fontannes signale cette côte interstitielle supplémentaire, entre la 1^{re} et la 2^e côte principale, sur les exemplaires du Bassin de Visan, entre la 3^e et la 4^e, sur un exemplaire de Cadenet. Il est à signaler que notre échantillon a des dimensions sensiblement plus fortes que celui figuré par Fontannes.

Nous lui avons trouvé : H. : 45 millimètres.

L. : 46 millimètres.

contre : H. : 31 millimètres.

L. : 32 millimètres mesurés par Fontannes.

Nous figurons cette espèce, parce qu'il n'en a jamais été donné de reproduction photographique, et qu'elle n'a jamais été signalée au niveau où nous l'avons trouvée.

D'après Fontannes, elle appartiendrait, dans le Bassin du Visan, au début de l'Helvétien : sables et grès à *O. crassissima*, à Cadenet au « calcaire marneux à *P. planosulcatus* », qui caractérise le début du Tortonien.

CHLAMYS PAVONACEA FONTANNES sp.

Pl. VII, 1, 2.

1878. *Pecten pavonaceus* FONTANNES : *Et. strat. et pal.*, t. III, p. 80, Pl. I, 4.

La forme la plus commune, que l'on recueille en abondance à Lavalduc, est une belle coquille qui répond aux caractéristiques suivantes : test assez mince, coquille sensiblement équivalve et inéquilatérale, crochet aplati et pointu, angle apical : 110°, oreillettes très inégales, la postérieure tronquée, l'antérieure plus longue avec une large échancrure byssale portant 5 dents pectinidiales, toutes deux ornées de stries rayonnantes squameuses et de lamelles d'accroissement. Les côtes sont au nombre de 16-17, arrondies, sensiblement égales à leurs intervalles.

Chez les individus jeunes, côtes et intervalles sont ornés de fines lamelles d'accroissement assez espacées. A mesure que la coquille s'accroît, des costules se surajoutent à la structure lamelleuse. Cette dernière ornementation tend à prédominer, de sorte que les formes adultes sont finement striées de costules, formées, elles-mêmes, de files de petites écailles. Il y a 6-7 costules par côte, 5-6 par intervalle. Les intervalles sont presque lisses vers le sommet, on n'y distingue que de fines lamelles d'accroissement, puis une costule, les autres apparaissent progressivement en approchant du bord palléal.

Dimensions : H. : 64 millimètres.

L. : 68 millimètres.

Comment déterminer cette espèce ?

Elle présente une certaine ressemblance avec *P. scabrellus* Lamk. figuré par Goldfuss [101, Pl. XCV, 5a, 5b] et *P. seniensis* figuré par Dollfus et Dautzenberg [65, I^{re} Part., Pl. XXXVII, 8-20] mais l'écart de taille est considérable, d'autant plus surprenant que, contrairement aux lois de l'évolution, *P. scabrellus* (= *seniensis*) qui est une forme surtout pliocène, est plus petit, les échantillons que nous en avons sont de l'ordre de 30-30 millimètres.

La similitude serait à peu près complète avec la figure donnée par Sacco [186, XXIV Part., Pl. VIII, 1] d'*Æquipecten scabrellus* Lamk., seules les dimensions sont un peu plus fortes, mais cette espèce est considérée par l'auteur comme Pliocène.

En définitive, la description que nous avons donnée de cette coquille, s'accorde presque parfaitement avec celle que donne Fontannes [72, p. 90] de *P. Camaretensis*, la figure [Pl. III, 2], pour imparfaite qu'elle soit, s'accorde également, seulement les dimensions maxima de nos échantillons sont un peu plus fortes.

C'est donc à *P. Camaretensis* Font. que nous rapporterions notre espèce.

Sacco fait de *P. Camaretensis* une variété d'*Æquipecten scabriusculus*. Fontannes en fait l'ancêtre du *P. scabriusculus* Math., et lui donne comme niveau, dans le Bassin de Visan, la base des sables helvétiques.

Le niveau de Lavalduc est bien inférieur, qu'en faut-il penser ?

Nous avons déjà constaté, à propos de *Chl. disprosopa*, cette antériorité de peuplement. La transgression miocène s'étant effectuée du Sud au Nord, il n'y aurait rien d'étonnant à ce que *P. Camaretensis* ait subi la même loi. Il y a mieux. Depéret signale [55, p. 117], au niveau qui nous occupe, *P. pavonaceus* Font. Nous n'avons plus vu citer cette espèce dans aucun auteur. A première vue, la description de Fontannes, créateur de l'espèce, ni la figure [72, p. 80, Pl. I, 4], ne correspondent exactement aux échantillons adultes et bien conservés de Lavalduc, que nous possédons. Mais Fontannes déclare qu'il n'en connaît de bien certaines que 3 valves ; leur description conviendrait à nos échantillons de même taille (H. : 39 ; L. : 44). D'autre part, l'espèce qui nous occupe, très abondante dans la région, n'a pu échapper à Depéret, et l'on est en droit de penser que c'est elle qu'il a déterminée *P. pavonaceus*. Nous lui conserverons donc ce nom, en la mettant dans le groupe des *Chlamys*.

Mais quel est le rapport de cette forme avec *P. præscabriusculus* Font. et *P. scabriusculus* Math. ? *Chl. pavonacea* atteint son apogée, pour la région qui nous occupe, dans les sables du Burdigalien inférieur. Dans la mollasse du Burdigalien supérieur de la région de l'étang de Berre, on en trouve des exemplaires ; ils sont généralement moins développés, et

parmi les nombreux échantillons que nous avons sous les yeux, on peut trouver tous les termes de passage entre la sculpture finement striée de *Chl. pavonacea* et le « guillochage » dont parle Fontannes, qui caractérise *P. præscabriusculus*. Celui-ci ne se retrouve typique que vers le Nord du Département, dans les niveaux supérieurs du Burdigalien.

Revenant sur les considérations exposées par Fontannes [83], en accord avec Fuchs, à propos de *P. latissimus*, nous nous demandons s'il ne faut pas voir dans ces variations, qui sont principalement des modifications de taille, une conséquence de l'habitat, de la nature du sédiment. Quand on a devant soi un grand nombre d'échantillons des différents types, on est tenté de ne voir là que des modifications locales, d'une même forme dont l'histoire pourrait s'expliquer ainsi. Dans les sables du Burdigalien inférieur, la coquille s'étale largement, mince et plate, donnant le type *pavonaceus*. Le régime change, et ce sont les mollasses calcaires du Burdigalien supérieur, l'espèce se modifie : petite taille, coquille plus épaisse, valves plus convexes, en un mot c'est une forme plus résistante : type *præscabriusculus*. Deuxième phase de comblement. Dans la vallée du Rhône s'accumulent les sables de l'Helvétien, la coquille étale de nouveau des valves peu bombées, c'est le type *camaretensis*. Ce régime est le plus long, l'espèce évolue en grandissant, et dans les mollasses gréseuses du Tortonien, se multiplie, en bancs épais, la forme la plus parfaite : *P. scabriusculus* Math. Celui-ci peut localement atteindre une taille élevée, il peut se bomber plus ou moins, le nombre de côtes s'accroît jusqu'à une vingtaine, il est plus finement et abondamment strié que les formes précédentes.

Ici s'arrêtent nos connaissances expérimentales ; faut-il voir dans les formes *scabrellus*, *seniensis*, *opercularis* des descendants plus ou moins dégénérés de la même forme, ou des rameaux latéraux ? Nous laissons aux spécialistes la tâche de le déterminer. Dans les jeunes individus, la distinction est très difficile.

CHLAMYS SENIENSIS LAMARCK sp.

Pl. X, 5, 6.

1920. *Pecten* (*Æquipecten*) *seniensis* Lank. DOLLFUS et DAUTZENBERG : Conchyl. du Mioc. moy. du Bass. de la Loire, *M. S. G. F.*, n° 27, 1^{re} Part., p. 411, Pl. XXXVII, 8, 20.

Dollfus et Dautzenberg (*loc. cit.*) donnent de ce fossile, une longue synonymie à laquelle nous renvoyons.

Dans les sables de Lavalduc, on trouve en concomitance avec *Chl. pavonacea*, une forme, assez voisine à première vue, dont voici la description : Coquille équivalve, subéquilatérale, crochet pointu saillant légèrement

au-dessus du bord ligamentaire, angle apical : 90° , oreillettes très inégales, ornées de stries rayonnantes rugueuses et de lamelles d'accroissement.

Les côtes sont au nombre de 19-20, un peu plus réduites que leurs intervalles, assez élevées, et même, à leur origine et chez les jeunes sujets, subquadrangulaires. Côtes et intervalles sont ornés de lamelles concentriques, dont le comportement évolue avec l'accroissement de la coquille. Sur les côtes, elles deviennent, par subdivision en costules, des squames saillantes, tandis que dans les intervalles, elles demeurent à l'état de lamelles. A mesure que la coquille grandit, la structure costulaire gagne les intervalles, de sorte que, sur les formes complètement évoluées, la coquille est presque entièrement ornée de costules fortement squameuses.

Il est difficile d'avoir de cette espèce des exemplaires adultes bien conservés. Les dimensions moyennes sont de l'ordre de 40-50 millimètres. Sur un seul spécimen géant, nous avons pu mesurer H. : 67 millimètres.

Depéret signale, au niveau du gisement de Lavalduc, *P. ventilabrum* Gold. La description sommaire et le dessin de Goldfuss [101, p. 67, Pl. XCVII, fig. 2] correspondent assez bien aux jeunes de l'espèce que nous décrivons.

Dollfus et Dautzenberg (*loc. cit.*) donnent *P. ventilabrum* dans la synonymie de *P. seniensis* Lamk., les figures correspondent très bien aux jeunes échantillons de Lavalduc. D'ailleurs, ces auteurs signalent la présence de l'espèce (*op. cit.*, p. 417) « dans la mollasse des Bouches-du-Rhône ».

Conformément à notre principe, nous appelons cette espèce, du dernier nom qu'elle a reçu, celui de Dollfus et Dautzenberg, en appliquant la classification de Depéret et Roman, *Pecten seniensis* est une *Chlamys*.

Dans la Basse-Provence, le niveau d'élection de cette espèce est le Burdigalien inférieur sableux, des parages des étangs de Lavalduc et de Berre.

Elle se retrouve encore dans le Burdigalien supérieur, plus rare et de taille plus forte, dans le banc à *O. crassissima*, de Sausset à La Couronne, et surtout à Port-de-Bouc, où Fontannes la prit probablement pour *P. scabriusculus*, dont elle atteint presque les dimensions.

FLABELLIPECTEN FRATERCULUS SOWERBY sp.

VAR. *AVATICUS* (nov. var.)

Pl. VII, 3, 4, 5.

1911. *Flabellipecten fraterculus* Sow. DEPÉRET et ROMAN : Monogr. des pect. néog., *M. S. G. F.*, n° 26, II^e Part., p. 127, Pl. XVI.

Nous avons recueilli d'assez nombreux exemplaires plus ou moins complets de cette espèce, au même niveau burdigalien inférieur, de la région de l'étang de Berre. Ils nous ont semblé mériter une mention spéciale, car

ils diffèrent notablement, d'une part, des échantillons burdigaliens de la côte de Sausset, d'autre part, du type tortonien du Bassin de Visan décrit par Fontannes, sous le nom de *P. vindascinus* [72, p. 100, Pl. V, 3] et de celui du même niveau de la vallée du Tage, étudié par Depéret et Roman (*loc. cit.*).

Nos échantillons présentent comme nombre de côtes :

Valve droite : 13-14 contre 19 (Font.) 14-16 (D. et R.).

Valve gauche : 11 contre 13-14 (Font.) 13 (D. et R.).

L'angle apical est de 125° contre 138° (Font.).

Les dimensions sont quelque peu supérieures à celles du type de Visan, mais nous n'insistons pas sur ce point.

La caractéristique la plus importante est la sculpture nettement quadrangulaire des côtes, surtout sur la valve gauche, où elles sont séparées par des intervalles presque deux fois plus larges qu'elles. Le sommet de cette valve est fortement déprimé, avec effacement des côtes. Le test est mince et d'une fragilité extrême, la division en côtes est très marquée sur la face interne des valves, et même, par des pincements, sur le bord palléal.

Ce qui est étrange, c'est que la description des types tortoniens précédemment cités correspond beaucoup mieux aux spécimens de la côte de Provence qu'à ceux de Lavalduc.

Ceux-là se rencontrent dès l'Aquitanién supérieur, et dans le Burdigalien inférieur ; ils sont de taille beaucoup plus faible, à test relativement épais. Ils ont quelques côtes de plus, beaucoup moins quadrangulaires sur la valve droite, et franchement arrondies sur la valve gauche. Le sommet de cette valve n'est presque pas déprimé, l'angle apical peut dépasser 130° .

L'écart de taille et d'épaisseur de test peut avoir pour origine une différence d'habitat, les individus de Lavalduc et de l'étang de Berre ont pu se développer sans contrainte dans les sables. Mais le nombre des côtes, leur forme si nettement quadrangulaire, et la différence d'angle apical doit, à notre point de vue, en faire une variété spéciale de *Flab. fraterculus*. Nous proposons de lui donner le nom de var. *avaticus*¹.

Le *Flabellipecten fraterculus* Sow. se rencontre donc de l'Aquitanién supérieur au Tortonien, cette évolution est caractérisée par un accroissement de taille, et un élargissement de l'angle apical. Au niveau du Burdigalien inférieur se détache une variété locale :

Flabellipecten fraterculus Sowerby sp. var. *avaticus* nov. var.

¹ De *Maritima Avaticorum*, station archéologique entre l'étang de Berre et l'étang de Lavalduc.

FLABELLIPECTEN HERMANSENI DUNKER sp.

Pl. VIII, 3, 4, 5.

1911. *Flab. Hermanseni* Dunk. DEPÉRET et ROMAN : Monogr. des pect. néog., M. S. G. F., n° 26, II^e Part., p. 133, Pl. XVII, 1, 5.

Dans ce même gisement si riche de Lavalduc, nous avons découvert de nombreux fragments et quelques valves plus ou moins entières d'un Flabellipecten que nous n'avons rencontré que là.

Atténuation à peu près complète des côtes de la valve droite ; valve gauche, plane et un peu déprimée au sommet, 11 côtes légèrement arrondies ; sur cette valve une ornementation de lamelles concentriques beaucoup moins fine que dans la forme précédente : telles sont ses caractéristiques.

La description que donnent Depéret et Roman (*loc. cit.*) de *Flab. Hermanseni* correspond parfaitement à notre fossile ; nous lui attribuons donc ce nom, mettant en évidence sa présence dans le Burdigalien inférieur, alors que ces auteurs n'en ont trouvé qu'un seul exemplaire du Burdigalien supérieur dans le bassin du Rhône.

La ressemblance est très grande avec *Flab. galloprovincialis*. A première vue, on jugerait les deux formes semblables ; c'est à peine si l'on peut prendre comme critère de distinction, l'atténuation plus complète des côtes chez le type de Matheron. Il est permis de se demander s'il n'y a pas eu passage d'une forme à l'autre, *Flab. Hermanseni* ne se rencontrant que dans le Burdigalien inférieur de Lavalduc, *Flab. galloprovincialis* d'autre part, abondant dans le Burdigalien supérieur des régions voisines, de Couronne à Port-de-Bouc et Fos.

CHLAMYS MULTISTRIATA POLI sp.

Pl. IX, 1, 2, 3.

1920. *Pecten (Chlamys) multistriatus* Poli sp. (*Ostrea*). DOLLFUS et DAUTZENBERG : Conchyl. du Mioc. moy. du Bass. de la Loire, M. S. G. F., n° 27, I^{re} Part., p. 417, Pl. XXXV, 32, 43.

Dollfus et Dautzenberg (*loc. cit.*) nous donnent de façon très complète la synonymie de cette espèce. Essentiellement adaptable et quelque peu polymorphe, elle fait son apparition dès l'Aquitanién et persévère jusqu'au Pléistocène.

Dans le cours de nos recherches, nous l'avons fréquemment rencontrée à différents niveaux miocènes, deux principalement :

1° Dans les sables du Burdigalien inférieur, bien développés près de Rassuen et Lavalduc. Sa taille est alors faible, le plus gros échantillon que nous possédions mesure :

H. : 38 millimètres.

L. : 33 millimètres, la taille moyenne est de H. : 30-35 millimètres.

L. : 25-28 millimètres.

C'est le type auquel Fontannes donna le nom de *Pecten Justianus* avec les dimensions sensiblement égales aux nôtres, il indique en effet :

H. : 41 millimètres.

L. : 34 millimètres.

Les côtes seraient d'après lui 20-22 près du sommet ; elles se partageraient ensuite en 2 ou en 3, ce qui en ferait une cinquantaine au bord palléal. Nous avons contrôlé ces chiffres ; ils correspondent à la réalité, avec l'exactitude voulue.

2° On retrouve l'espèce en abondance au début du Tortonien, dans toute la région de la Trévaresse, des Costes, et dans les environs de Cucuron.

Les types de ce niveau sont notablement plus grands, ils atteignent en moyenne :

H. : 49-60 millimètres.

L. : 43-50 millimètres.

Les côtes, aussi nombreuses, subissent les mêmes divisions et sont naturellement un peu plus grossières.

Cette forme est celle que Fontannes appelle *Pecten pusio*. Il la cite à tous les niveaux du Burdigalien et de l'Helvétien du Bassin de Visan. D'après la description qu'il en donne, elle serait l'équivalent de la forme tortonienne, dont nous venons de parler.

Dans la Basse-Provence, *P. multistriatus* est rare dans le Burdigalien supérieur à *P. præscabriusculus*, et l'Helvétien généralement stérile, de sorte que les deux types que nous venons de décrire peuvent servir de repères stratigraphiques.

Ce Pecten, équivalve, à forte échancrure byssale, fait nettement partie du genre *Chlamys*.

III. — BURDIGALIEN SUPÉRIEUR

Tous les types étudiés dans ce paragraphe ne dépassent pas le niveau.

FLABELLIPECTEN GALLOPROVINCIALIS MATHERON sp.

Pl. VIII, 1, 2. \

1842. *Pecten galloprovincialis* MATHERON : *Catalogue des corps org. foss.*, p. 187, Pl. XXXI, 1, 3.

En 1842, Matheron décrivait, dans son *Catalogue des Corps organisés fossiles*, une nouvelle espèce de *Pecten*, propre à la « mollasse coquillère de La Couronne et de Carry », qu'il dénomma *P. galloprovincialis*.

En 1890, P. Gourret, publiant une étude paléontologique sur la faune tertiaire de la côte de Provence [104], interpréta mal les données de Matheron, crut découvrir l'espèce en question, qu'il appela *P. Saussetensis* nov. sp. [p. 119, Pl. V, 1, 3], alors qu'il donnait le nom de *P. galloprovincialis* Math. dans la généalogie de *P. cristatus* [op. cit., p. 115]. Celui-ci n'est autre en réalité que *P. subpleuronectes* d'Orb. que Matheron appelait *Carryensis*. Il y a là un imbroglio regrettable.

On lit dans Fontannes et Depéret [79, p. 31] : « M. Gourret a décrit la même espèce sous le nom de *P. Saussetensis*, sans se préoccuper du nom et de la figure depuis longtemps publiés par Matheron ». Gourret connaissait bien le nom, mais probablement pas ou mal la figure.

Nous nous devons de remettre en évidence l'individualité de cette espèce, si caractéristique des formations miocènes de notre littoral. *P. galloprovincialis* est un *Flabellipecten*.

Ses dimensions sont généralement comprises entre :

H. : 75-80 millimètres.

L. : 80-85 millimètres.

Toutefois, nous avons pu mesurer sur un individu géant de la collection Lonclas :

H. : 114 millimètres.

L. : 125 millimètres.

mais c'est là un fait exceptionnel.

L'espèce est décrite par Matheron de façon très satisfaisante.

Depéret et Roman [61, p. 134] la rapprochent de *Flab. Hermanseni* Dunker, avec, comme différence, l'atténuation des côtes, plus complète dans la

forme provençale. L'échantillon dont nous donnons une photographie, est tiré de la collection même de Matheron. *P. galloprovincialis* est caractéristique du Burdigalien supérieur, à Sausset, La Couronne, Ponteau, Port-de-Bouc. C'est donc à cause de l'erreur stratigraphique précédemment signalée [pp. 36 et suiv.], que Depéret et Roman attribuent cette espèce au Tortonien de Provence.

Son âge burdigalien est au contraire confirmé par la similitude de niveau des deux formes les plus ressemblantes. *Flab. Hermanseni* se trouve d'après Depéret et Roman dans les couches tout à fait supérieures du Burdigalien de la vallée du Rhône. En Portugal, cette espèce est limitée au Burdigalien moyen et supérieur, nous l'avons recueillie en abondance dans le Burdigalien inférieur de Lavalduc. Une autre espèce très voisine est *Flab. burdigalensis* Lamk. dont le nom indique le niveau.

FLABELLIPECTEN SIMPLEX MICHELOTTI sp.

Pl. IX, 5, 6.

1879. *Pecten simplex* Mich. TOURNOUER : Moll. Mioc. de Forcalquier, B. S. G. F., 3, VII, p. 237.

Tournouer signale [*loc. cit.*], dans la mollasse miocène de Forcalquier, la présence d'un *Pecten*, qu'il rapporte à *P. simplex* Mich. [152, Pl. III, 4, 4⁷], ressemblant à *P. palmatus* Lamk. [in Hörnes, 110, p. 410, Pl. LXIV, 3].

Écartons cette dernière hypothèse, Tournouer lui-même reconnaît la différence de dimensions : 9 centimètres au lieu de 4. De plus les échantillons figurés par Hörnes sont ornés de costules et portent une échancrure byssale que n'a pas le peigne de Forcalquier. *P. palmatus*, que Depéret [55, p. 180] identifie, à juste titre, avec *P. cretensis* Font., est comme ce dernier une *Chlamys*.

Mais Hörnes, dans le même ouvrage [p. 324, Pl. LV], représente *P. Holgeri* Geinitz, qu'il identifie avec *P. simplex* Mich. Nous ne croyons pas légitime cette identification avec le type de Michelotti. Elle ne l'est sûrement pas avec celui de Tournouer pour trois raisons principales :

1° Les dimensions : Hörnes donne pour *P. Holgeri* 150-165 millimètres ; la moyenne des multiples échantillons que nous avons recueillis à Forcalquier, évolue entre 70-75 et 75-80 millimètres, un seul exemplaire en mauvais état présente : H. : 95 millimètres ; ces mensurations concordent avec celles de Tournouer qui donne : H. : 9 centimètres. Un écart de taille si généralisé, serait déjà un argument en faveur de la distinction des deux formes.

2° Il s'en ajoute un autre : l'angle apical qui est chez *P. Holgeri* figuré

par Hörnes de 120°, n'est plus chez le *Pecten* de Forcalquier, que de 85-90°.

3° Enfin, la sculpture des valves est bien différente. Sur *P. Holgeri* on peut compter 7-8 côtes sensiblement égales à leurs intervalles. Le *Pecten* de Forcalquier est caractérisé par la présence de 3 larges côtes, effacées vers le bord palléal, et séparées par des intervalles notablement plus larges. Au delà de ces 3 côtes maîtresses, on peut en compter encore une, beaucoup plus réduite, ce qui fait en tout 5 et, chose curieuse, il y a, à très peu d'exception près, symétrie bilatérale avec une côte médiane plus large que les autres.

Sur un échantillon admirablement dégagé par l'acide chlorhydrique, on peut voir des traces de costules que n'avait pas remarqué Tournouer. Les oreillettes sont subégales, les valves aussi, seule l'absence de sinus byssal empêche d'en faire une *Chlamys*.

Cette distinction que nous venons de faire de l'espèce de Forcalquier, d'avec *P. Holgeri* s'applique aussi à *P. latissimus* var. *restitutensis*. A notre avis, ces deux termes sont synonymes. Cela nous oblige à nous inscrire en faux contre l'assertion de Dollfus et Dautzenberg [65, p. 407], qui homologuent *P. latissimus* var. *restitutensis* Font. à *P. simplex* Mich. Ce dernier s'en distingue par tous les caractères qui le séparent du *P. Holgeri* et surtout par la subégalité des valves. La flexion des côtes de la valve gauche, accompagnée de nodosités, qui caractérise les *Flabellipecten* du groupe *latissimus*, fait absolument défaut chez le *Pecten* de Forcalquier.

La relativité de la représentation de Michelotti [*loc. cit.*] et l'absence de mensuration, nous obligent aux mêmes restrictions que Tournouer ; nous ne rapportons donc cette espèce à *P. simplex* qu'avec réserves, redoutant plus que tout d'encombrer la Paléontologie de termes nouveaux, sans absolue nécessité.

Michelotti donne comme niveau : colline de Turin à la vigne Sélopiis ; à Forcalquier où l'espèce paraît endémique, elle caractérise le Burdigalien supérieur.

FLABELLIPECTEN TOURNALI DE SERRES sp.

1897. *Macrochlamys Tournali* de Serres. Sacco : *Moll. terz. del Piemonte e della Liguria*, XXIV Part., p. 35, Tav. XI, 10, 15.

Dans les affleurements du Burdigalien supérieur qui bordent les étangs de Berre, d'Engrenier, de Lavalduc, on trouve en abondance un *Pecten* dont la description concorde parfaitement, sinon avec celle de de Serres, dont le dessin est plus ou moins imparfait [193, p. 263, Pl. VI, 1], du moins avec celle de Hörnes [110, p. 398, Pl. LVIII] et de Sacco [*loc. cit.*].

En 1910, M. Chatelet, dans une note à la Société Linnéenne de Pro-

vence [17], fit savoir que l'on trouvait à Istres des exemplaires de *P. Ziziniæ* Blanckenhorn, forme du Gebel-Genève décrite par Depéret et Roman [61, p. 80, Pl. IX, 3, 4, 5]. Y a-t-il similitude entre les deux espèces ?

Nous ne mettons pas en doute la compétence de M. Chatelet, et nous adoptons volontiers sa conclusion : « Ce Pecten (le Pecten considéré comme *P. Tournali*) n'est, à mon avis, que la forme adulte du *P. Ziziniæ* Blanck. dont il reproduit exactement la forme dans le jeune âge ». M. Chatelet semble donc considérer comme une seule et même espèce, les deux formes, c'est la conclusion qui s'impose d'après la considération des figures que nous possédons de l'une et de l'autre.

L'identité du niveau stratigraphique vient la confirmer, ce sont deux formes burdigaliennes. Notons en passant que le gisement du Gebel-Genève a déjà fourni *P. Fraasi* Fuchs, qui se retrouve sur la côte de Provence.

Il nous faudrait, pour avoir la certitude complète, posséder de nombreux échantillons adultes des deux formes. Si nous avons sous les yeux de nombreux *P. Tournali*, pour *P. Ziziniæ* par contre, nous en sommes réduits aux figures de Depéret et Roman, bien insuffisantes, et qui ne sont accompagnées d'aucune mensuration.

Nous renvoyons pour les détails de description à la note de M. Chatelet [*op. cit.*] ; on ne saurait être plus complet.

Il nous reste à classer cette espèce, adoptant la classification de Depéret et Roman, nous faisons du Pecten d'Istres un Flabellipecten. C'est une forme difficile à classer, tenant des Pecten par la vigueur des côtes de la valve gauche, des Flabellipecten par la plus ou moins forte convexité de cette valve.

Depéret et Roman, qui placent *P. Ziziniæ* dans les Pecten, ne mentionnent pas *P. Tournali*, se réservent-ils de le ranger parmi les Flabellipecten avec *P. latissimus* forme voisine ? Nous le supposons. A notre avis, *P. Ziziniæ* et *P. Tournali*, si tant est qu'il faille les distinguer, ce qui nous paraît douteux, doivent faire partie du même genre.

FLABELLIPECTEN LATISSIMUS BROCCHI sp.
VAR. *RESTITUTENSIS* FONTANNES

Pl. X, 1.

1920. *Pecten* (*Oopecten*) *latissimus* Brocchi sp. (*Ostrea*). DOLLFUS et DAUTZENBERG : Conchyl. du Mioc. moy. du Bass. de la Loire, *M. S. G. F.*, n° 27, I^{re} Part., p. 406.

Nous croyons tout de même utile, malgré les nombreuses descriptions dont elle a été l'objet, d'attirer l'attention sur cette espèce, à cause de sa localisation stratigraphique dans la Basse-Provence.

Dès 1842, Matheron [148, p. 187] la signalait, sous le nom de *P. laticostatus*, dans la mollasse coquillière des Baux et de Plan-d'Aren, c'est-à-dire dans le Burdigalien supérieur. Cette découverte semble tomber dans l'oubli,

Les « Études stratigraphiques » qui mentionnent *P. latissimus* dans le Haut-Comtat Venaissin [71], n'en parlent pas dans la Basse-Provence [78-79].

Fontannes le cite dans les « Molusques pliocènes de la vallée du Rhône » [Pl. XIII, 1], et publie une note sur ses rapports avec la variété *restitutensis* (de Saint-Resitut, Drôme), caractérisant la mollasse à *P. præscabriusculus*, ce que nous appelons le Burdigalien supérieur.

Dépéret, dans son étude sur la classification et le parallélisme du système miocène [55], ne le mentionne pas.

Cossmann et Peyrot [35, p. 302, Pl. XII, 23, 24 ; Pl. XV, 9], le signalent dans l'Helvétien de l'Aquitaine.

Dollfus et Dautzenberg donnent *P. latissimus* comme débutant dans le Miocène moyen du bassin de la Loire, pour se développer de plus en plus et atteindre son apogée au Pliocène.

Tout cela demandait éclaircissement.

Matheron ne s'était pas trompé, *P. latissimus* se trouve effectivement dans la mollasse burdigalienne de la Basse-Provence ; nous l'avons recueilli en abondance, aux Baux, au Castelet, à Aurons. Cette forme, plus petite, non striée de costules, peut être identifiée sans hésitation avec *P. restitutensis* de Fontannes. Nous croyons utile de le signaler car nous sommes convaincu qu'il a été souvent confondu avec *P. Tournali*.

Flab. restitutensis est caractéristique, dans la région que nous étudions, à Aurons et aux Baux. Nous en représentons un assez bon exemplaire de cette dernière localité, où d'ailleurs, le mentionne la légende de la Feuille d'Avignon.

IV. — TORTONIEN

Les trois espèces que nous allons étudier caractérisent, non le Tortonien à faciès bathyal des marnes bleues de Cabrières d'Aigues, riche surtout en petits Gastéropodes, mais, uniquement, le « faciès récifal » de la base de l'étage.

LE PECTEN DE SIOUBLANC

Pl. X, 2, 3, 4.

Il existe au creux d'un profond ravin de la Nerthe, un petit lambeau miocène de quelques mètres carrés, dont nous avons parlé en détail [pp. 85 et suiv.]. On y trouve en assez grande abondance un Pecten qui a été diversement déterminé.

M. Fournier, qui découvrit le gisement en 1894, indique *P. solarium* Lamk. Cette espèce est figurée par Hörnes [110, p. 403, Pl. LX, LXI] avec 14-16 côtes. Dollfus et Dautzenberg [65, p. 410, Pl. XLI, 1, 2] appellent *solarium*, le type figuré par Hörnes sous le nom de *P. Besseri* Lamk., qui possède des côtes encore plus nombreuses : 15-18, d'après ces auteurs. *P. solarium* et *Besseri*, se distinguent immédiatement du Pecten de Sioublanc, qui n'a que 5-6 côtes infléchies brusquement vers le sommet, en formant des angles noduleux.

Jacquemet, qui explora le gisement en 1907, détermina *P. Tournali* de Serres. L'erreur est moindre, car *P. Tournali* possède, lui aussi, des côtes infléchies, et généralement plusieurs fois, auprès du sommet.

Mais ce fléchissement est presque toujours angulaire, et même forme un rebord saillant, au lieu que dans le type que nous considérons il est adouci par des nodosités. Il n'y a pas que cela, *P. Tournali* a 10-12 côtes et il est beaucoup plus bombé.

Nous déterminons le Pecten de Sioublanc : *Flab. latissimus* Brocc. sp.

Le meilleur exemplaire de la localité que nous possédions au laboratoire, a été recueilli par M. Repelin, nous le représentons à la Pl. X.

Il a les dimensions suivantes :

H. : 152 millimètres.

L. : 170 millimètres.

Toute la surface des valves et des oreillettes est ornée de lamelles d'accroissement, mais il n'y a pas trace de costules, ce fait a son importance.

En 1881, Fontannes [80, Pl. II, p. 186] créa une variété de *P. latissimus*, sous le nom de *P. restitutensis*. Ses caractéristiques étaient, d'après lui, l'effacement ou l'absence des costules, et les dimensions plus réduites. En 1884, il publia une note [83] confirmant la distinction de cette forme, et l'élevant au rang d'espèce. Dans cette note Fontannes déclarait entre autre, qu'il n'avait pas trouvé de formes de passage entre le type *restitutensis* burdigalien et le type *latissimus* pliocène.

Cette forme de passage, le Pecten de Sioublanc semble bien la réaliser ; l'exemplaire le plus développé que Fontannes ait rencontré du *P. restitutensis* mesurait H. : 143 ; L. : 160 ; à Sioublanc, les Pecten atteignent couramment et même dépassent les dimensions ci-dessus indiquées de H. : 152 ; L. : 170. Leur angle apical est plus fermé : il n'a que 115° contre 130° du Pecten de Fontannes. Comme par ailleurs, les raisons stratigraphiques déjà énoncées, nous font attribuer au lambeau un niveau supérieur au Burdigalien, nous nous trouverions là en présence d'une forme de transition.

Dollfus et Dautzenberg [65, p. 407] décrivent cette variété *restitutensis* de *P. latissimus*, de taille plus petite et sans costules, et déclarent que c'est à elle qu'appartiennent les formes du Miocène moyen de la Touraine. Enfin,

ces auteurs l'identifient avec *P. simplex* Mich. var. *præcedens* de Sacco. Nous admettons l'identité avec la variété de Sacco, mais pas avec l'espèce de Michelotti.

Hörnes, de son côté [110, p. 394], assimile *P. simplex* à *P. Holgeri* Geinitz, à tort ce nous semble. Nous faisons de *P. simplex* une espèce distincte [Cf. p. 163] et nous retenons l'assimilation de *P. Holgeri* à *P. latissimus* var. *restitutensis* Font. et var. *præcedens* Sacco.

Faut-il voir un *Phyllum* entre les formes miocènes et pliocènes de *P. latissimus*? Il nous apparaît avec grande probabilité entre la forme burdigalienne si commune aux Baux, au Castelet, à Aurons, et la forme certainement plus évoluée de Sioubanc, mais avec beaucoup plus d'incertitude entre cette dernière et la forme pliocène.

PECTEN BENEDICTUS LAMARCK

1914. *Pecten benedictus* Lamk. COSSMANN et PEYROT : *Conch. néog. de l'Aquitaine*, t. II, p. 282.

Le type de l'Aquitaine, figuré par ces auteurs, se trouve à Salles et « fide Tournouer » dans le Tortonien de Saint-Jean-de-Marsacq, c'est une petite coquille, que ses dimensions exiguës (50-55 millimètres) distinguent nettement de notre espèce.

Depéret et Roman prennent pour type de leur description les échantillons du Pliocène inférieur de Millas (Roussillon), cette description convient parfaitement au type qui nous occupe.

Nous l'avons recueilli à Vaugines, dans les bancs redressés du Tortonien inférieur, de ce niveau que Depéret appelle le « faciès récifal ». Ses dimensions sont celles des types du Roussillon :

H. : 80 millimètres.

L. : 85 millimètres.

De faibles costules subdivisent les côtes principales et les intervalles, toute la valve gauche et les oreillettes sont ornées de fines lamelles d'accroissement. Le crochet semble un peu plus recourbé que dans les types du Pliocène.

Nous avons cité cette espèce parce que sa détermination à ce niveau demandait des précisions.

Fontannes [73, p. 53] signale dans la « molasse de Cucuron » *P. subbenedictus* = *benedictus* Lamk. in Fisch et Tourn. Or, dans Fischer et Tournouer [93], il n'y a pas trace de *P. benedictus* ni de *P. subbenedictus*. Par contre, en 1879, Fischer publie une note [68] sur la « Molasse de Cucuron », où il mentionne [p. 219] *Janira subbenedicta*.

Nous pensons qu'il y a là une confusion.

P. subbenedictus de Fontannes est une espèce caractéristique du Burdi-

galien supérieur à *P. præscabriusculus* dans la Basse-Provence. C'est une forme à valve droite profonde, à crochet très recourbé ; nous renvoyons à la description de Depéret et Roman [61, p. 39].

De très nombreuses recherches dans la mollasse de Cucuron et de Vaugines ne nous ont procuré qu'un bon spécimen de ce groupe, qui n'est sûrement pas le *subbenedictus* mais le *benedictus*. L'espèce se rencontrerait, d'après Depéret et Roman, du Burdigalien supérieur au Pliocène. Néanmoins, dans la Basse-Provence, nous ne l'avons jamais rencontrée au-dessous du Tortonien, tandis que le *P. subbenedictus* abonde dans le Burdigalien supérieur.

Ces deux formes peuvent donc servir, localement du moins, de jalons stratigraphiques.

CHLAMYS MULTISTRIATA POLI sp. VAR. *NIMIA* FONTANNES

Pl. IX, 4.

1878. *Pecten nimius* FONTANNES : *Et. strat. et pal.*, t. III, p. 98, Pl. V, 2.

Fontannes signale cette forme dans le Bassin de Visan, dans les marnes à *Cardita Jouannetti*, et déclare [72, p. 53] : « Le *P. nimius* n'est évidemment qu'une amplification d'un de ces petits *Pecten* des sables helvétiques confondus sous le nom de *P. pusio*, *substriatus* ou *multistriatus* ». Néanmoins, se ravisant en quelque sorte, il décrit *P. nimius* [*op. cit.*, p. 98] comme une espèce distincte.

Ce *Pecten* est rare dans le Tortonien de la Basse-Provence et généralement fragmenté. Nous l'avons trouvé à Vaugines et dans les environs de Lambesc, au même niveau que dans le Bassin de Visan.

Nous donnons une reproduction d'un échantillon assez bien conservé de la collection Matheron. C'est le meilleur et le plus grand que nous connaissions.

Fontannes indique comme hauteur maxima : 86 millimètres, celui-ci atteint dans le même sens 91 millimètres, et 78 millimètres de largeur.

Malgré l'usure partielle des côtes et l'absence de l'oreillette antérieure, ce spécimen donne une claire idée de ce qu'est *P. nimius*. Faut-il en faire une espèce distincte ? Nous ne le pensons pas. Les caractéristiques de ce fossile sont absolument celles de *Chl. multistriata* : même contour, même nombre de côtes bipartites et squameuses, petites côtes prenant naissance dans les intervalles, tous les caractères, en un mot, des types précédemment étudiés, mais à une plus grande échelle. A un moment, nous crûmes découvrir dans le Burdigalien supérieur une forme analogue, il n'en fut rien, il nous faut arriver au Tortonien pour trouver *P. nimius*.

Il n'est à nos yeux qu'une variété de *Chl. multistriata*, nous l'appelons donc : *Chlamys multistriata* Poli sp. var. *nimia* Font.

Il nous reste maintenant à présenter, à titre de conclusion à ce chapitre, un tableau d'ensemble, montrant d'un coup d'œil la répartition stratigraphique des formes des Pectinidés les plus communes, dans les régions paléontologiques les plus riches de la Basse-Provence.

Nous ne donnons là que le résultat de nos recherches personnelles, laissant volontairement dans l'ombre telle ou telle espèce signalée par quelque auteur, et réservant à de plus qualifiés le soin de faire œuvre de synthèse.

Nous avons souligné les formes les plus caractéristiques et abondamment représentées. Le point d'interrogation indique que nous n'avons pas trouvé de *Pecten* dans le niveau.

On peut constater dans ce tableau la stérilité à peu près générale de l'Helvétien et la richesse du Burdigalien inférieur de la région de l'étang de Berre, qui semble avoir joué le rôle de centre de dispersion pour quelques espèces.

Pour rendre plus concrète la localisation géographique de certains types, nous donnons [Cf. Carte, n° 4] une carte de la répartition des principales formes contemporaines du Burdigalien supérieur.

RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE ET GÉOGRAPHIQUE DE QUELQUES PECTINIDÉS MIOCÈNES
DANS LA BASSE-PROVENCE

	CÔTE DE PROVENCE	CRAU, ET. DE BERRE	ALPINES, COSTES, TOULOUSE	BASS. DE LA DURANCE	BASS. DE FORCALQUIER
TORTONNIEN	Manque	<i>Chl. scabriuscula</i> <i>Chl. multistriata</i>	<i>Flab. planosulcatus</i> <i>Chl. scabriuscula</i> <i>Chl. multistriata</i>	<i>Pect. benedictus</i> <i>Flab. planosulcatus</i> <i>Chl. nimia</i> <i>Chl. multistriata</i> <i>Chl. scabriuscula</i>	Manque
HELVÉTIE	Manque	<i>Chl. multistriata</i>	<i>Chl. multistriata</i>	<i>Chl. multistriata</i>	?
BURDIGALIEN SUP.	<i>Pect. Josslingi</i> <i>Flab. galloprovincialis</i> <i>Chl. seniensis</i> <i>Chl. præscabriuscula</i>	<i>Flab. Tournali</i> <i>Chl. præscabriuscula</i> <i>Chl. multistriata</i> <i>Chl. pavonacea</i>	<i>Flab. latissimus</i> var. <i>res</i> <i>titulensis</i> <i>Chl. præscabriuscula</i>	<i>Chl. præscabriuscula</i>	<i>Pect. subbenedictus</i> <i>Flab. simplex</i>
BURDIGALIEN INF.	<i>Flab. fraterculus</i>	<i>Flab. Hermanseni</i> <i>Flab. fraterculus</i> var. <i>avaticus</i> <i>Chl. pavonacea</i> <i>Chl. multistriata</i> <i>Chl. seniensis</i> <i>Chl. disprosopa</i>	<i>Chl. pavonacea</i> <i>Chl. Davidi</i>	?	?

CARTE 4

1. — *Chlamys præscabruscula* et *Flabellipecten latissimus* var. *restitutensis*, répartis dans la Vallée du Rhône et dans la région de la Basse-Durance.
 2. — *Flabellipecten simplex* et *Pecten subbenedictus*, localisés dans le Bassin de Forcalquier.
 3. — *Flabellipecten Tournali*, confiné dans la région de l'Étang de Berre.
 4. — *Flabellipecten galloprovincialis* et *Pecten Josslingi*, se rencontrant sur le pourtour de la Nerthe et du Golfe de Fos.
-

Distribution de quelques Pectinides au Burdigalien supérieur

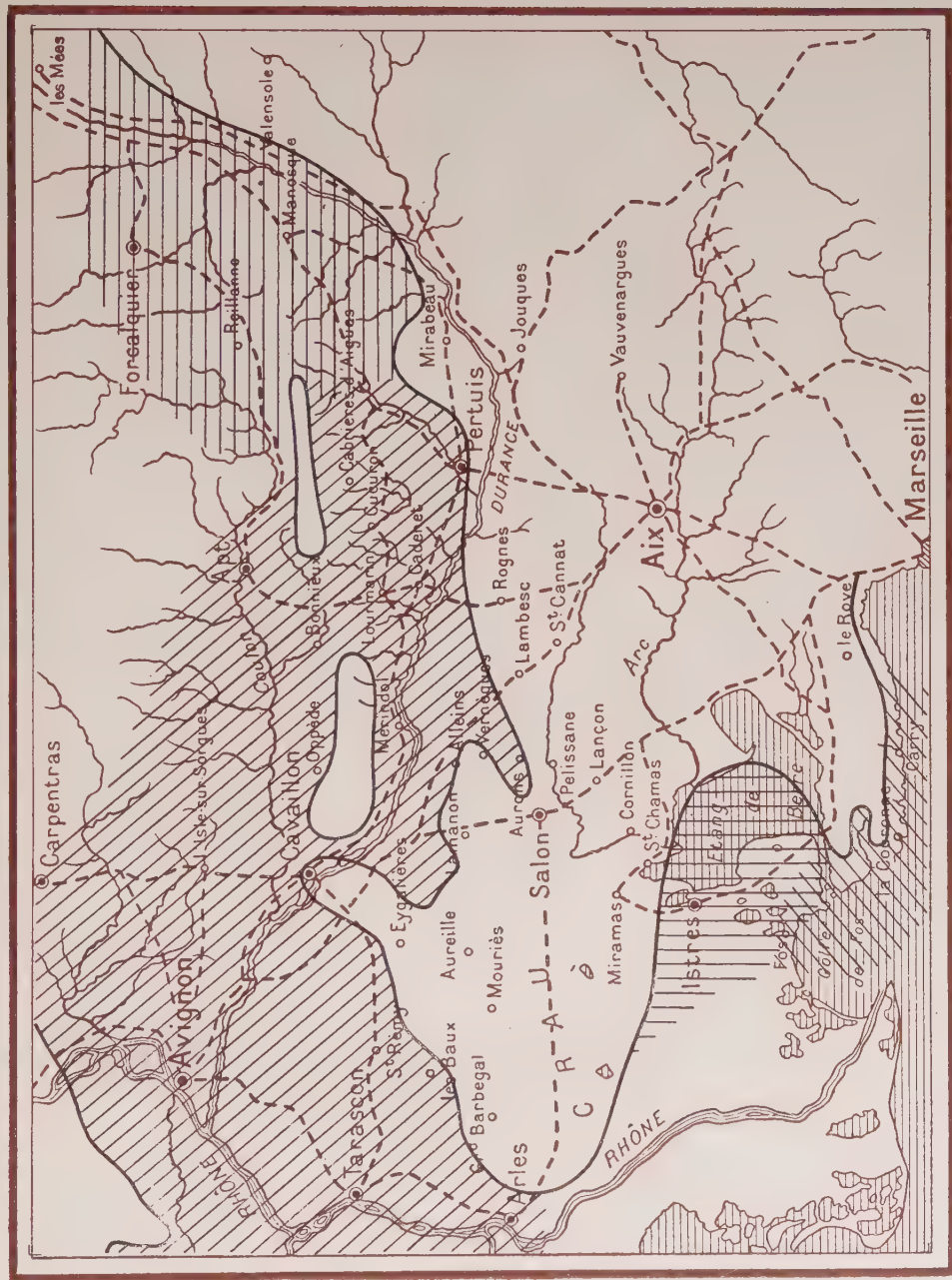


PLANCHE VII

PLANCHE VII

1. — *Chlamys pavonacea* Font. Burd. inf. Lavalduc.
V. droite gr. nat. (notre collection).
 2. — *Chlamys pavonacea* Font. Burd. inf. Lavalduc, — id. — taille maxima.
 3. — *Flabellipecten fraterculus* Sow. var. *avaticus* n. v. Burd. inf. L'Estomac.
V. gauche gr. nat. (notre collection).
 4. — *Flabellipecten fraterculus* Sow. var. *avaticus* n. v. Burd. inf. Rassuen.
V. gauche gr. nat. (notre collection).
 5. — V. droite de l'échantillon précédent.
 6. — *Pecten Fraasi* Fuchs Aquit. Sausset.
V. gauche gr. nat. (notre collection).
-



PLANCHE VIII

PLANCHE VIII

1. — *Flabellipecten galloprovincialis* Math. Burd. sup. La Couronne.
V. droite gr. nat. (de la coll. Matheron, Musée de Marseille).
 2. — V. gauche du même échantillon.
 3. — *Flabellipecten Hermanseni* Dunker. Burd. inf. Lavalduc.
V. droite gr. nat. (notre collection).
 4. — *Flabellipecten Hermanseni* Dunker. Burd. inf. Lavalduc.
V. gauche gr. nat. (notre collection).
 5. — *Flabellipecten Hermanseni* Dunker. Burd. inf. Lavalduc.
V. gauche gr. nat. (notre collection).
-



PLANCHE IX

PLANCHE IX

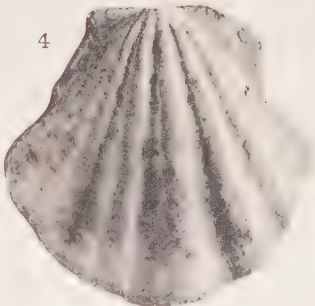
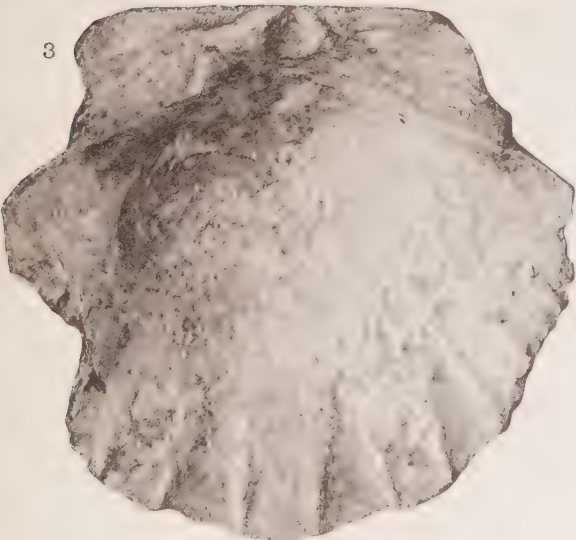
1. — *Chlamys multistriata* Poli. Burd. inf. Lavalduc (= *P. Justianus* Font.).
V. droite gr. nat. (notre collection).
 2. — *Chlamys multistriata* Poli. Burd. sup. Plan-d'Aren (= *P. pusio* Font.).
V. droite gr. nat. (de la coll. Matheron, Musée de Marseille).
 3. — *Chlamys multistriata* Poli. Tort. inf. Rognes (= *P. pusio* Font.).
V. droite gr. nat. (notre collection).
 4. — *Chlamys multistriata* Poli var. *nimia* Fontannes. Tort. inf. Cucuron.
V. droite gr. nat. (de la coll. Matheron, Musée de Marseille).
 5. — *Flabellipecten simplex* Michelotti. Burd. sup. Forcalquier.
V. droite gr. nat. (notre collection).
(Echantillon siliceux dégagé par l'acide chlorhydrique).
 6. — *Flabellipecten simplex* Michelotti Burd. sup. Forcalquier.
V. gauche gr. nat. (notre collection).
 7. — *Chlamys disprosopa* Fontannes. Burd. inf. Lavalduc.
V. droite gr. nat. (notre collection).
-



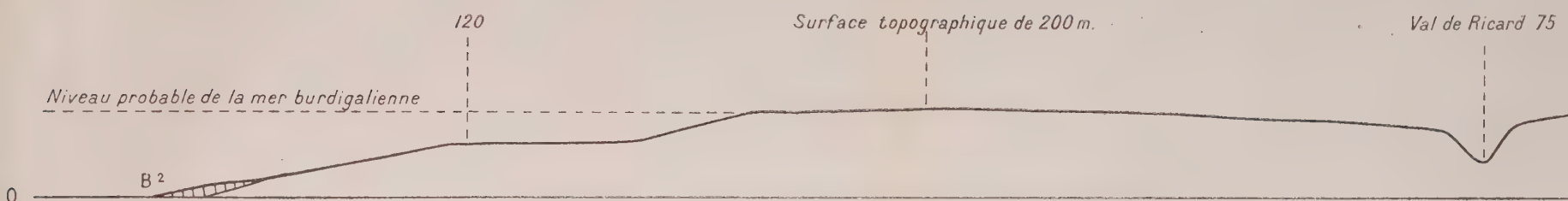
PLANCHE X

PLANCHE X

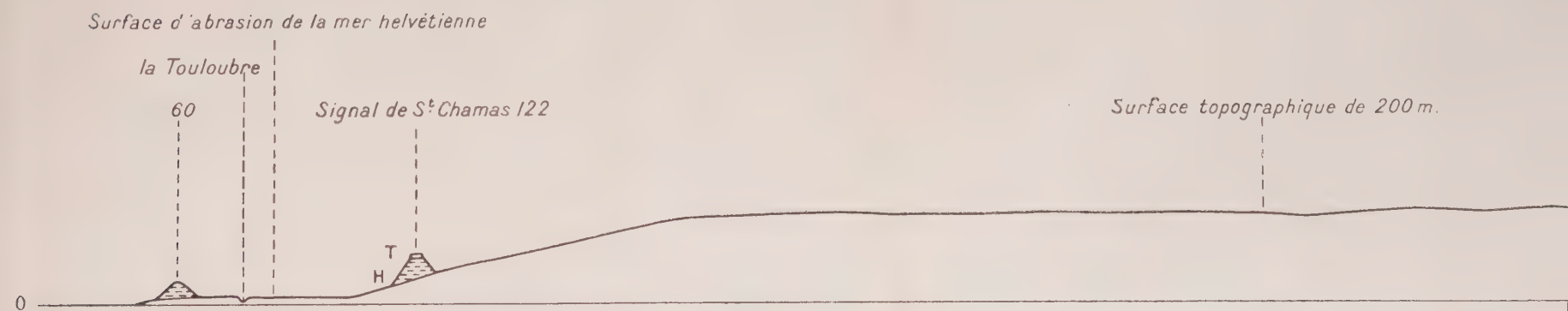
1. — *Flabellipecten latissimus* Brocchi var. *restitutensis* Fontannes. Burd. sup. Les Baux.
V. gauche 1/2 gr. nat. (coll. de la Faculté des Sciences de Marseille).
 2. — *Flabellipecten latissimus* Brocchi. Tort. Sioublanc.
V. gauche 1/2 gr. nat. (coll. de la Faculté des Sciences de Marseille).
 3. — *Flabellipecten latissimus* Brocchi. Tort. Sioublanc.
Vue interne de la valve gauche d'un autre échantillon.
 4. — *Flabellipecten latissimus* Brocchi. Tort. Sioublanc.
V. droite d'un jeune individu (notre collection).
 5. — *Chlamys seniensis* Lamark. Burd. inf. Lavalduc.
V. gauche gr. nat. (notre collection).
 6. — *Chlamys seniensis* Lamark. Burd. inf. Lavalduc.
V. droite gr. nat. (notre collection).
 7. — *Chlamys Davidi* Fontannes. Burd. inf. Lambesc. (cité, p. 62).
V. gauche gr. nat. (notre collection).
-



1. COUPE-PROFIL W-E DE L

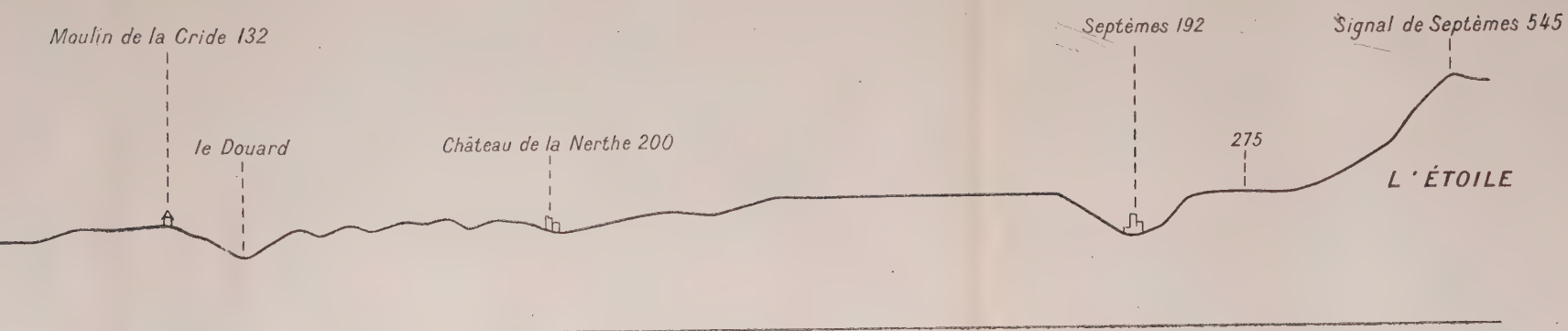


2. COUPE-PROFIL W-E DE L

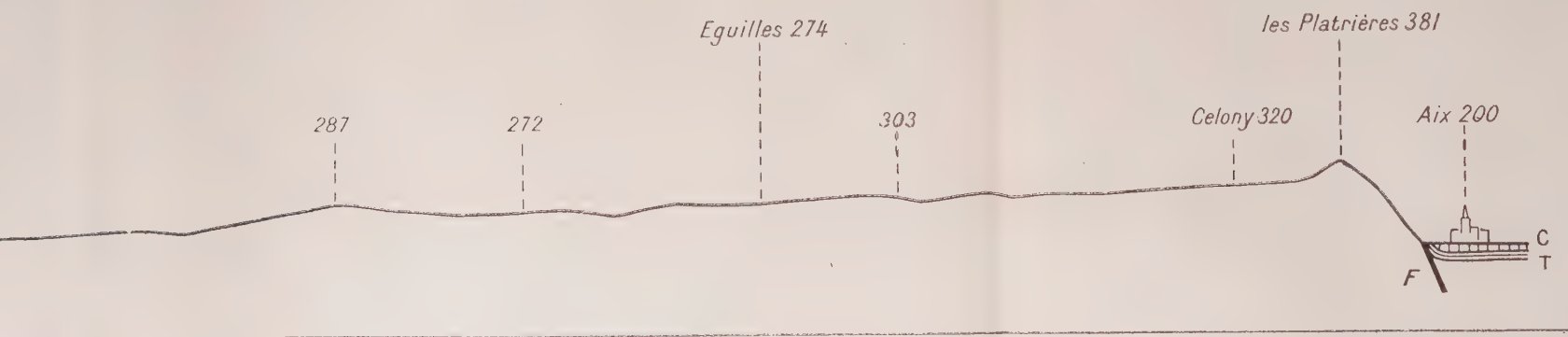


MAÎNE DE LA NERTHE

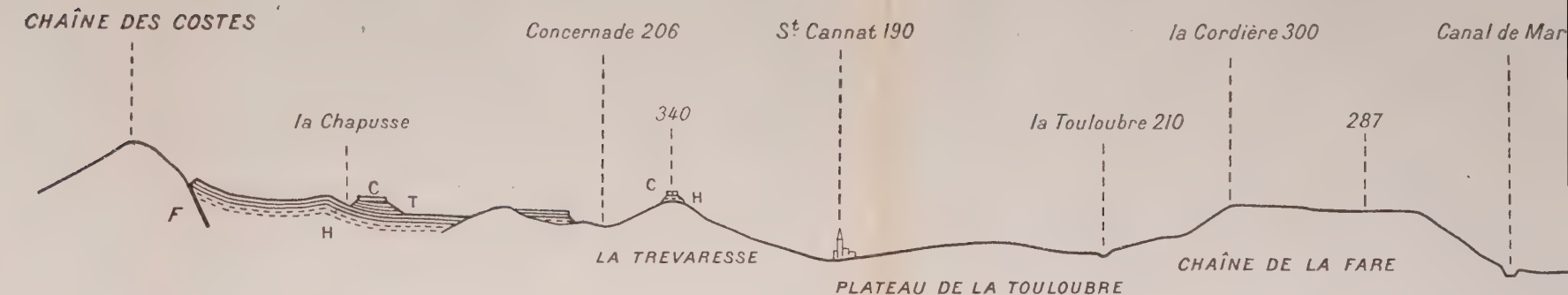
Echelle { longueurs : 1:75 000
hauteurs : 1:15 000



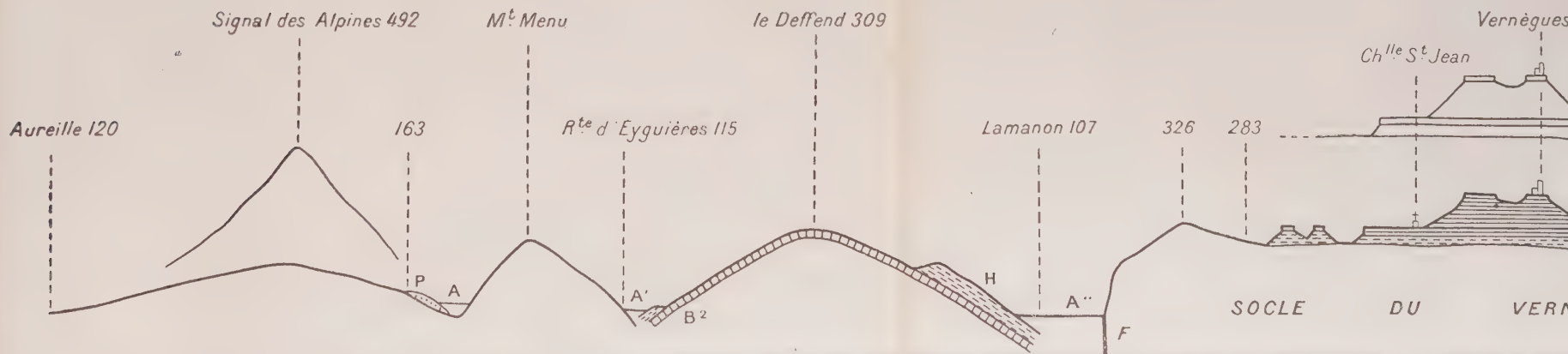
MAÎNE DE LA FARE



1. COUPE-PROFIL N-S DE LA CHAÎNE D

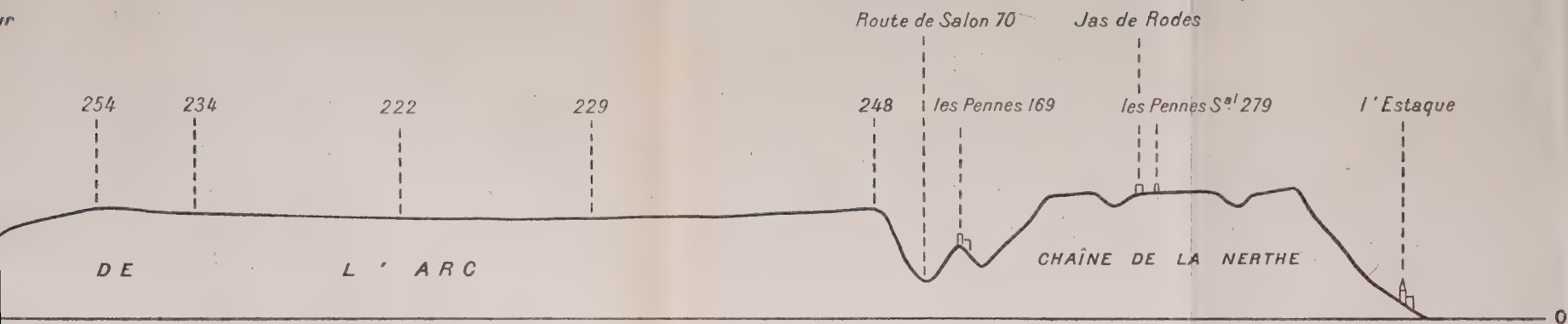


2. COUPE-PROFIL W-E D'AUREILLE A S



TAQUE

Echelle { longueurs : 1 : 75 000
hauteurs : 1 : 15 000



A.A'.A".A''' Quaternaire

☐ P : Cailloutis supérieurs de la Crau

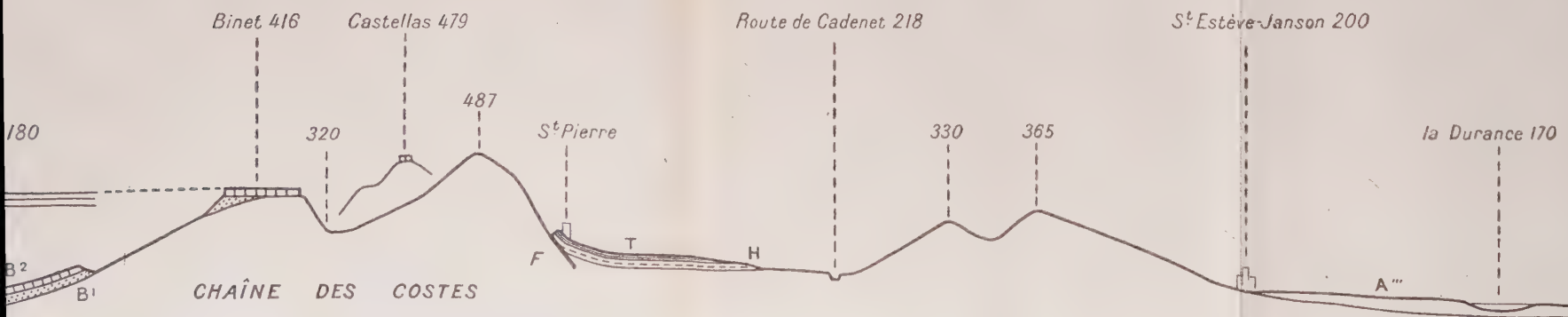


TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS	1
BIBLIOGRAPHIE	5

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS SUR LE MIOCÈNE DE LA BASSE-PROVENCE

CHAPITRE I. — Etat de la question.	15
CHAPITRE II. — Nomenclature et caractéristiques des étages	20

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE DES PRINCIPALES RÉGIONS NATURELLES DE LA BASSE-PROVENCE

CHAPITRE I. — Le pourtour de la Nerthe.	33
CHAPITRE II. — La région située à l'Ouest de l'étang de Berre	42
CHAPITRE III. — La Crau	50
CHAPITRE IV. — Les Alpines.	54
CHAPITRE V. — La Chaîne des Costes.	60
CHAPITRE VI. — La Trévaresse et le Plateau de la Touloubre	73
CHAPITRE VII. — La Dépression d'Aix, la Vallée de Vauvenargues et le Montaiguët.	79
CHAPITRE VIII. — Les petits lambeaux méridionaux sur la Nerthe et au Sud du Montaiguët	84
CHAPITRE IX. — La Vallée de la Durance	88
CHAPITRE X. — La Vallée du Coulon et le Bassin de Forcalquier	93

TROISIÈME PARTIE

SECTION I

LA TOPOGRAPHIE DE LA BASSE-PROVENCE AVANT LES TRANSGRESSIONS MIOCÈNES

CHAPITRE I. — Les anticlinaux secondaires arasés.	99
CHAPITRE II. — La surface nivelée des bassins formés de Crétacé supérieur et de Tertiaire inférieur	113
CHAPITRE III. — Les dépressions ante-miocènes.	117

SECTION II

LES MOUVEMENTS ÉPIROGÉNIQUES NÉGATIFS ET LES TRANSGRESSIONS MIOCÈNES

CHAPITRE I. — La transgression burdigalienne	123
CHAPITRE II. — La transgression vindobonienne	131

SECTION III

MOUVEMENTS ÉPIROGÉNIQUES POSITIFS : LES MOUVEMENTS POST-MIOCÈNES

CHAPITRE I. — Chronologie des mouvements épirogéniques positifs . .	139
CHAPITRE II. — Etude d'ensemble des mouvements qui ont affecté les dépôts miocènes	142
CONCLUSIONS GÉNÉRALES	150
APPENDICE PALÉONTOLOGIQUE. — Observations paléontologiques sur quelques pectinidés miocènes	152

TABLE DES FIGURES ET DES CARTES

I. — FIGURES

	Pages
1. — Schéma synthétique des successions miocènes dans quelques régions de la Basse-Provence	29
2. — Coupe théorique Ouest-Est de Carro à Carry, montrant l'ordre de succession des dépôts miocènes, antérieurement à tout mouvement tectonique . . .	34
3. — Coupe naturelle schématisée de la rive Ouest de la calanque du Verdon . .	37
4. — Coupe Ouest-Est au niveau du village de La Couronne montrant l'amincissement vers l'Ouest de l'horizon inférieur et la disparition de l'horizon moyen au niveau de l'anse du Verdon.	37
5. — Coupe Nord-Sud passant par le village de La Couronne et le Sémaphore, donnant un résultat analogue	38
6. — Coupe schématique Ouest-Est du Grand-Vallat à Sausset d'après la carte de M. Cottreau et nos propres observations	40
7. — Schéma traduisant les mouvements subis par l'horizon inférieur de Couronne.	40
8. — Coupe Nord-Sud prise sur la rive Nord de l'étang de Lavalduc	44
9. — Coupes parallèles Sud-Sud-Ouest—Nord-Nord-Est, passant par les îlots de Port-de-Bouc et de la Grande-Colle, montrant le biseau formé par les horizons de Couronne (B2 a, b, c), et la transgression de l'horizon supérieur sur les poulingues daniens.	45
10. — Coupe théorique Nord-Est—Sud-Ouest de Saint-Rémy au Grand-Barbégall, avant les mouvements post-miocènes	55
11. — Coupe Ouest-Est d'Eyguières à Lamanon	57
12. — Coupe Nord-Est—Sud-Ouest de Saint-Rémy au Grand-Barbégall	58
13. — La plaine de Cèze, vue de l'Est, montre le biseau burdigalien (B), sur le Néocomien redressé (N).	62
14. — Biseau du Burdigalien supérieur sur le Néocomien redressé à Aurons. Coupe Nord-Sud par la cote 325	63
15. — Coupe Ouest-Est par le Grand Saint-Paul, les Mauvares et Boyer	65
16. — Coupe Ouest-Est perpendiculaire à la Chaîne des Costes, par Alleins, Vernègues, Château-Bas, le col de Lambesc et Coussou.	68
17. — Coupe Nord-Est—Sud-Ouest par le village de Rognes, la butte des moulins et Bonisson	69
18. — Coupe Nord-Nord-Est—Sud-Sud-Ouest par la cote 340 et le mamelon de l'Andronne.	77
19. — Coupe Nord-Sud à l'Ouest de Saint-Simon	78
20. — Coupe Nord-Sud par la colline Sainte-Anne, la ferme de Collongue, le Peyriguiou et le Tholonet	83
21. — Coupe Nord-Ouest—Sud-Est en amont du seuil de Mirabeau par la Sicarde .	91
22. — Coupe schématique dirigée sensiblement Nord-Sud par Reillane et Montjustin.	94
23. — Croquis de la région de Villemus, d'après la carte géologique et nos propres observations, montrant la torsion des couches burdigaliennes	95
24. — Coupe Nord-Ouest—Sud-Est, de Mollèges à Roquemartine.	106
25. — Coupe Nord-Sud du Luberon par Saint-Phalez.	109
26. — Coupe théorique Nord-Sud d'Istres à la Station de Fos.	132

II. — CARTES

1. — La transgression burdigalienne.
2. — La transgression vindobonienne.
3. — Carte tectonique du Miocène de la Basse-Provence.
4. — Distribution de quelques pectinidés au Burdigalien supérieur.

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

Influence de l'air sec sur la structure des végétaux.

Organes des sens et organes lumineux chez les animaux abyssaux.

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 10 février 1932.

Le Doyen de la Faculté des Sciences.

CH. MAURAIN.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris.

Pour le Recteur :

L'Inspecteur d'Académie,

J. PERRON.

